



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

EEVA LUUKKANEN

VESIHUOLTOVERKOSTOJEN SANEERAUSTEN VAIKUTTAVUUDEN ARVIOINTIPERIAATTEET

Diplomityö

Tarkastaja: professori Tuula Tuhkanen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Luonnontieteiden tiedekuntaneuvoston kokouksessa 9. tammikuuta
2013

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma

LUUKKANEN, EEVA: Vesihuoltoverkostojen saneerausten vaikuttavuuden arviointiperiaatteet

Diplomityö, 92 sivua, 17 liitesivua

Elokuu 2013

Pääaine: Vesi- ja jätehuoltotekniikka

Tarkastaja: professori Tuula Tuhkanen

Avainsanat: Vesihuoltoverkostot, saneeraus, vaikuttavuuden arviointi,

Tässä työssä arvioitiin Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän (HSY) verkostotietokannoista saatujen aineistojen perusteella verkostosaneerausten vaikuttavuutta. Työssä käytiin läpi olemassa olevien verkostotietojen perusteella, mitä tehdyillä saneerauksilla on saavutettu.

Työn kirjallisuusselvityksessä määriteltiin verkostojen nykytilaa ja vaikuttavuuden käsitteitä. Aikaisempia tutkimuksia aiheesta on tehty vähän, joten lähtökohdat työhön olivat haasteelliset. Ensiksi työssä valittiin VVY:n ylläpitämän tunnuslukujärjestelmän avulla tunnusluvut, jotka ovat hyviä saneerausten vaikuttavuuden mittareita. Näiden mittareiden avulla tutkittiin pilottialueilla HSY:n verkosto- ja automaatiotietojen perusteella, miten aiemmin tehdyt saneeraukset ovat onnistuneet. Tutkimuksessa käytettäviä mittareita olivat verkstoveden laatu, vuotoprosentti ja putkirikot vedenjakeluverkostossa ja viemäriverkostossa viemärien vuotavuus. Pilottialueita olivat Kulosaari, Lauttasaa-ri, Espoon Laajalahti sekä Vantaan koko vedenjakeluverkosto. Kulosaassa ja Lauttasaaressa saneerausten vaikuttavuutta arvioitiin pieninä aluesaneerausalueina, kun taas Vantaan verkostossa saavutettuja vaikutuksia analysoitiin painepiirikohtaisesti. Espoon Laajalahdessa tutkittiin viemäriverkostossa tehtyjen saneerausten näkymistä viemärien vuotovesissä. Saatujen tulosten perusteella arvioitiin, miten eri tunnusluvut tulevat muuttumaan Munkkiniemenrannan alueella, jossa saneeraukset tehdään vuoden 2013 aikana. Alueella suoritettiin lisäksi ennen saneerauksia asiakaskysely, jolla kartoitettiin kuluttajien mielipiteitä sen hetkisestä veden laadusta ja muista veden ominaisuuksista.

Tehtyjen analyysien perusteella parhaiten saneerausten vaikuttavuutta kuvaa vedenjakeluverkoston vuotovesien kehitys. Putkirikot eivät kuvaa saneerausten onnistumista yhtä hyvin. Veden laatu sen sijaan on kohtuullinen vaikuttavuuden arvioinnin väline käytettäessä yhdessä huoltotoimenpiteiden muutoksen kanssa. Viemäriverkoston osalta Viemärit 2020-hankkeessa kehitetty vuotovesikerroin on käyttökelpoinen analyysin apuväline.

Vesihuoltolaitoksien verkkotietojärjestelmiä ja mittauspisteitä verkostossa tulisi tutkimuksen mukaan kehittää ja lisätä aktiivisesti, jotta saneerausten vaikuttavuuden arviointia varten olisi tulevaisuudessa käytettävissä laaja-alaisemmin mittaustietoa. Etenkin kustannustiedot eri saneerauskohteista ja putkirikkojen korjauksista tulisi olla helposti haettavissa, jotta vertailua saneerausten kannattavuudesta olisi mahdollista tehdä.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Environmental and Energy Technology

LUUKKANEN, EEVA: Evaluation principles to effectiveness of water distribution network renewal

Master of Science Thesis, 92 pages, 17 Appendix pages

August 2013

Major: Water and Waste Management Engineering

Examiner: Professor Tuula Tuhkanen

Keywords: water distribution network, renewal, evaluation of effectiveness

The objective of this Master thesis was to evaluate effectiveness of water network renewal. The research is based on the data which is collected from database of Helsinki Region Environmental Authority (HSY). In this research was studied what is possible to achieve with the existing network information.

The current state of the networks and meanings of effectiveness was identified in the literature study. There have been done very few researches on this subject so the starting point for the work was challenging. First the benchmarking system which is maintained by VVY was analyzed. From there the indicators that illustrate the effectiveness of the renovations were selected. The used indicators in water distribution network were water quality, leakage rate and pipe breaks. In sewage system the indicator was leakage rate. Analysis was made in areas of Kulosaari, Lauttasaari, Laajalahti and the whole network of Vantaa. In Kulosaari and Lauttasaari the effectiveness was evaluated in small renovation area while in Vantaa by every pressure circuit. With data of Laajalahti renovation impact to the leakage water into the sewer was studied. Using the obtained results an estimation of how the various indicators will change in area of Munkkiniemenranta, where the renovations are carried out during the year 2013. Before the renovations there a customer survey was made, which examined consumers' opinion on the state of water quality and other properties of the water.

According to the results the effectiveness of renovation is best described by the leakage rate. The development of pipe failures is not as good indicator. The water quality is also a reasonable tool for the evaluation of effectiveness when used with the change of maintenance operations. A sewage water leak coefficient which was developed in Viemäri 2020 project is a useful analysis tool in sewage disposal systems.

Results revealed that the information systems of water utilities should be developed and measurement points of networks should be added in future. The new features would allow a more comprehensive measurement data for the analysis of renovations effectiveness. Especially cost data for the various renovation projects and repair of pipe failures should be easily retrievable. Thus the comparison of the profitability of renovations would be possible to make.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän (HSY) tilauksesta Pöyry Finland Oy:llä. Työtä ohjaamassa olivat Reijo Kuivamäki Pöyry Finland Oy:ltä sekä työryhmä HSY:ltä. Haluan kiittää HSY:tä erittäin mielenkiintoisesta diplomityöaiheesta sekä työryhmää vinkeistä ja avuista lähtötietojen hankkimisessa. Työryhmä lisäksi olin yhteyksissä useisiin henkilöihin HSY:n sisällä ja sain heiltä kaikilta korvaamatonta tietoa diplomityön edetessä.

Suuri kiitos kuuluu etenkin ohjaajalleni Reijolle, joka kannusti minua työn eri vaiheissa ja kokemuksellaan ohjasi minua eteenpäin työn aikana. Myös kaikki työtoverini Pöyryllä ansaitsevat kiitokset vinkeistä ja tsemppauksesta koko projektin ajan. Ilman teitä työn tekeminen olisi ollut paljon raskaampaan.

Työn tarkastaja Tuula Tuhkanen ansaitsee kiitokset työn valvonnasta sekä koko opiskeluaikaisesta opetuksesta ja ohjauksesta. Lämpimät kiitokset kuuluvat myös perheelleni ja muille läheisilleni, jotka ovat uskoneet minuun koko tämän projektin ajan ja kannustaneet pääsemään maaliin myös tämän tavoitteen kanssa.

Vantaalla 23.6.2013

Eeva Luukkanen

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	KIRJALLISUUSKATSAUS.....	3
2.1	Vesihuoltoverkoston lyhyt historia.....	3
2.2	Verkoston kunto ja niiden saneeraus	3
2.2.1	Verkoston saneerausmenetelmät.....	4
2.2.2	Vesijohtoverkossa tapahtuvat vauriot ja niiden syyt	6
2.2.3	Alue- ja yksittäissaneeraus sekä yhteishankkeet kaupungin muiden infra-toimijoiden kanssa	7
2.3	Vaikuttavuuden arviointi	9
2.3.1	Vaikuttavuuden arvioinnin käsitteet	9
2.3.2	Vaikuttavuuden arvioinnissa käytettävät mittarit HSY:llä ja muualla	9
2.3.3	Aiheesta aiemmin tehdyt selvitykset	14
2.3.4	Vaikuttavuuden arviointi muilla aloilla	18
3	AINEISTOT JA MENETELMÄT	22
3.1	VVY tunnuslukujärjestelmä.....	22
3.2	Vaikuttavuuden arviointi olemassa olevien datojen pohjalta	23
3.2.1	Vesijohtoverkosto	23
3.2.2	Jätevesiviemäriverkosto	25
3.3	Asiakaskysely.....	26
4	TULOKSET	27
4.1	VVY-tunnuslukujärjestelmä	27
4.1.1	Vesijohtoverkoston uusiutumisaika	27
4.1.2	Laskuttamattoman veden määrä suhteutettuna verkoston pituuteen	28
4.1.3	Vedenjakeluverkoston putkirikot.....	30
4.1.4	Jätevesiviemärien vuotovesimäärä	32
4.1.5	Tukosten määrä jätevesiviemärisssä	35
4.1.6	Yhteenveto VVY:n tunnusluvuista.....	37
4.2	Kulosaaren saneeraus	38
4.2.1	Veden laatuanalyysi.....	38
4.2.2	Vedenjakeluverkoston vuotavuustarkastelu	40
4.2.3	Putkirikkoanalyysi	44
4.3	Lauttasaaren saneeraus	47
4.3.1	Laatuanalyysi.....	48
4.3.2	Putkirikkoanalyysi	51
4.4	Munkkiniemenrannan saneeraus vuosina 2012 – 2013.....	52
4.4.1	Laatuanalyysi.....	53
4.4.2	Asiakaskysely	60
4.5	Vantaan verkostosaneerausten arvioiminen.....	62
4.5.1	Tikkurila	67
4.5.2	Korso.....	69

4.5.3	Myyrmäki	70
4.6	Espoon viemäriverkoston saneeraus.....	72
4.7	Tulosten tarkastelu	76
4.7.1	VVY tunnuslukujärjestelmä	76
4.7.2	Verkostoveden laatu.....	76
4.7.3	Vedenjakeluverkoston vuotavuustarkastelu	77
4.7.4	Putkirikkoanalyysi	78
4.7.5	Jätevesiviemäri	80
5	KEHITYSTOIMENPITEET	82
5.1	Tulevien saneerauskohteiden vaikuttavuuden arviointi	83
5.1.1	Munkkiniemenrannan alue	83
5.1.2	Muut saneeraussuunnittelussa olevat hankkeet	84
6	YHTEENVETO	87
	Lähteet.....	89
	Liitteet	

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

AEL	Action experience learning. Tekniikan alan koulutuspalveluita tarjoava yritys
AWWA	American Water Works Association
AWWARF	AWWA Research Foundation
HSY	Helsingin seudun ympäristöpalvelut
ILI-luku	Vesijohtoverkostojen vuotavuusluku/ -indeksi (infrastructure leakage index)
KANEW	Vesijohtoverkoston saneeraustarpeen ennustamismalli
LOUHI	SITOn kehittämä paikkatieto-ohjelma, joka yhdistää eri osapuolet, suunnitelmat, toteumatiedot ja aikataulut
PEH	Kova polyeteeni
PVC	Polyvinyylikloridi
SerVesi	VTT:n, Tampereen teknillisen yliopiston ja Tampereen yliopiston yhteinen hanke, jossa kehitetään vesihuoltolaitosten ja yritysten kumppanuussuhteita vesihuoltoverkostojen kunnossapidon näkökulmasta.
Verkosto-RCM	Vesi- ja viemäriverkostojen kunnossapitotarpeen arviointi- ja suunnittelutyökalu
VTT	Valtion tutkimuskeskus
VVY	Suomen vesilaitosyhdistys

1 JOHDANTO

Suurin osa Suomen vesihuoltoverkostoista on rakennettu 1960–1970-luvuilla ja ovat lähestymässä lähiaikoina käyttöikänsä loppua. Vesihuoltolaitokset ovatkin viime vuosien aikana kasvattaneet verkostojen saneerausmääriä. Nykyiset saneerausmäärät eivät kuitenkaan riitä uusimaan kaikkia heikkokuntoisia vesihuoltoverkostoja vaan saneeraukset vaativat mittavia investointeja lähitulevaisuudessa. Maan alla sijaitsevilla verkostoissa on sidottuna noin 80 % vesihuoltolaitosten käyttöomaisuuden arvosta, minkä takia verkostojen kunnossapito on taloudellisestikin erittäin merkittävää vesihuoltolaitoksille.

Vuosien ajan vesihuoltoverkostojen uusimiseen on ohjattu rahaa, mutta onko rahoilla saavutettu haluttuja tuloksia? Kyseinen ongelma on mielenkiintoinen ja niin päättäjät kuin vesihuoltoalan asiantuntijat haluavat löytää siihen vastauksia. Kysymykseen ei kuitenkaan ole tehokkaasti yritetty löytää vastausta tieteellisessä maailmassa. Viime vuosikymmenen kuluessa tutkimuksia on tehty verkostosaneerausten kohdentamisesta ja vesihuoltolaitoksien omaisuuden hallinnasta, mutta vesihuoltoverkostojen saneerausten vaikuttavuuden arvioimista ei ole tutkittu yhtä paljon. Nämä kolme kysymystä liittyvät kiinteästi toisiinsa ja yhtä asiaa tutkimalla saadaan vastauksia myös toiseen aiheeseen.

Saadakseen apuvälineitä verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointiin HSY tilasi työn, josta he toivovat tulokseksi konkreettisia työkaluja vaikuttavuuden arvioimiseen. Projekti toteutettiin työryhmätyöskentelynä, jossa kokouksissa keskusteltiin ja päätettiin työn etenemissuunnista. Kokousten perusteella diplomityötä lähdettiin työstämään tutkimalla olemassa olevia tietoja ja mittaustuloksia. Aineistoina käytettiin HSY:n verkkotietojärjestelmistä saatavilla olevia tietoja ja VVY:n keräämiä tunnuslukuja.

Diplomityön teoriaosassa käydään läpi lyhyesti vesihuoltoverkostojen historiaa ja eri saneerausmenetelmiä sekä tarkastellaan vaikuttavuuden arviointia eri näkökulmista. Raportin ensimmäisessä tutkimusosassa selvitetään Suomen vesihuoltoyhdistyksen keräämien tunnuslukujen pohjalta, miten HSY:n vesihuoltoverkostojen kunto menestyy vertailussa muiden vesihuoltolaitoksien kanssa sekä vertaillaan, miten tunnusluvut ovat muuttuneet vuosien aikana. Tämän jälkeen tunnuslukujen perusteella tutkitaan saneerausten vaikuttavuutta HSY:n verkostossa tehtyjen saneerausten perusteella. Käsiteltäviksi tutkimuskohteiksi on valittu Kulosaari, Lauttasaari, Munkkiniemenranta ja Vantaan koko verkosto vesijohtoverkoston osalta. Jätevesiviemäriverkostossa tehtyjen saneerausten vaikuttavuutta analysoidaan Espoon Laajalahden tietojen perusteella. Lisäksi saatujen tulosten perusteella arvioidaan, minkälaisia tuloksia voidaan odottaa meneillään olevista Munkkiniemenrannan saneerauksissa.

Tutkimuksen viimeisessä vaiheessa esitellään kehitystoimenpiteitä, jotta saneerausten vaikuttavuus olisi tulevaisuudessa helpommin määritettävissä. Lisäksi esitellään

ne mittarit, jotka tämän tutkimuksen tulosten perusteella ovat hyviä saneerausten vaikuttavuuden arvioinnin välineitä.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 Vesihuoltoverkostojen lyhyt historia

Vesihuoltoverkostojen historia alkaa jo ennen ajanlaskumme alkua. Mesopotamian kaupungissa Urissa on historian mukaan ollut sadevesi- ja kuivatusjärjestelmiä sekä vesivessoja 2 000 eaa. Antiikin roomalaiset rakensivat kaupunkiin akvedukteja eli gravitaatiovesijohtoja yhteensä 19 kappaletta. Akveduktien kokonaispituus oli noin 600 kilometriä. Niiden avulla vesi johdettiin kaupunkiin ja jaettiin käyttäjille lyijyputkista rakennetulla verkostolla. Rooman valtakunnan kaaduttua järjestetty systemaattinen vesihuolto unohdettiin sadoiksi vuosiksi Euroopassa. (Juuti et al. 2007)

1800-luvulla, kun teollinen vallankumous alkoi Englannissa ja sen johdosta väkimäärät kaupungeissa kasvoivat, alkoi Euroopassa ja Amerikassa vesihuoltoverkostojen ja jätevedenkäsittelyjärjestelmien kehittyminen. Samaa aikaan yhdistettiin bakteerit vakavien tautien aiheuttajiksi sekä Lontoossa esiintyvät useat koleraepidemiat, saivat aikaa vedenjakelu- että jätevesiverkostojen kehittymisen kaupungeissa. (Juuti et al. 2007)

Suomessa vesihuoltoverkostojen rakentuminen alkoi 1800-luvun lopulla. Helsinkiin perustettiin Suomen ensimmäinen vesilaitos vuonna 1876. Samoihin aikoihin valmistuivat myös ensimmäiset vesijohdot ja jätevesiviemärit kaupungin alueelle. Yhtenä suurimpana syynä vesilaitoksien ja samalla vedenjakeluverkostojen rakentamisen aloittamisen yhtenä suurimpana syynä oli riittävän paloveden turvaaminen tulipalotilanteissa eri puolilla kaupunkia. (Äikäs et al. 2003) Helsingin vedenjakeluverkostokartan mukaan Helsingin katujen alla on edelleen vesijohtoja, jotka on rakennettu 1870-luvun lopulla. 1800-luvun lopulta 1950-luvulle asti vesihuoltoverkostojen rakentaminen oli maltillista, mutta sen jälkeen verkostojen kokonaispituuden kasvu on Suomessa ollut tasaisessa nousussa (Vesi-Instituutti. 2007). 1900-luvun alkupuolella vesihuoltolaitoksia ja samalla vesihuoltoverkostoja oli lähinnä Suomen suurissa kaupungeissa, mutta vuosisadan puolivälin jälkeen alkoi vesilaitoksia syntyä ympäri Suomea myös pienempiin kaupunkeihin. (Äikäs et al. 2003)

Ensimmäisenä putkimateriaalina vesihuoltoverkostoissa on käytetty harmaata valurautaa 1800-luvulta lähtien. Harmaan valuraudan lisäksi teräs on ollut käytössä noin sadan vuoden ajan. 1940-luvun aikoihin alettiin maahan asentaa asbestisementtiputkia ja 1958 on ensimmäiset pallografiittirautaputket otettu käyttöön. Eri muovilajikkeita on käytetty putkimateriaaleina 1950- ja 1960-luvuilta asti. Eniten käytettyjä muoveja ovat kova polyeteeni (PEH) ja polyvinyylikloridi (PVC). (Vesi-Instituutti 2007)

2.2 Verkostojen kunto ja niiden saneeraus

Vesihuoltoverkkojen asennuksen jälkeen verkostojen kuntoa ylläpidetään huoltotoimenpiteillä ja putkien saavuttaessa käyttöikänsä lopun verkostot saneerataan. Huolto-

toimenpiteet jaetaan kahteen osaan: ehkäiseviin ja välittömiin ylläpitotehtäviin. Ehkäisevät ylläpitotoimet ovat tasaisin väliajoin tehtäviä huoltotöitä, jotka varmistavat vesihuoltoverkostojen toiminnan keskeytyksittä. Ehkäiseviä huoltotoimenpiteitä varten vesihuoltolaitoksilla on huolto- ja korjausohjelma, jonka mukaan eri verkosto-osia käydään läpi. Välittömillä ylläpitotehtävillä korjataan yllättäen ilmeneviä verkoston ongelmia. Nämä ongelmat jaotellaan vielä suuriin ja pieniin ongelmiin, joiden mukaan korjaustoimenpiteiden kiireellisyysluokka arvioidaan. Esimerkkejä ehkäisevistä ylläpitotehtävistä vesihuoltoverkostossa on vesijohtojen huuhtelut ja venttiilien koestus. Välittömiä ylläpitotehtäviä ovat muun muassa putkirikkojen korjaus sekä vesijohtojen huuhtelu epäpuhtauksien löytyessä verkostosta. (Grigg 2012)

Vesihuoltoverkostojen saneerauksilla tähdätään pääasiassa verkostojen rakenteellisen kunnon ja toimivuuden parantamiseen. Verkostojen kunnon arvioiminen on vaikeaa, sillä verkostot sijaitsevat maan alla, eikä niiden kunnon huonontumista pystytä havainnoimaan samalla tavalla kuin esimerkiksi katujen. Vesihuoltoverkostojen fyysisen kunnon arvioimiseen Helsingissä aloitettiin vuonna 2005 verkostojen alueelliset kuntotutkimukset, joiden perusteella tehdään saneerauspäätökset. Kuntotutkimusten avulla pyritään löytämään heikkokuntoisimmat verkosto-osuudet ja kohdistamaan saneeraukset vesijohtoihin ja viemäriin, jotka ovat tulleet käyttöikänsä päähän. Aikaisemmin saneerauspäätökset perustuivat lähinnä verkostojen ikään. (Kauppinen 2006)

2.2.1 Verkostojen saneerausmenetelmät

Vesijohto- ja viemäriverkostojen saneerausmenetelmiä on olemassa useita ja niitä kehitetään jatkuvasti. Grigg:n mukaan vesijohtoverkostojen saneeraaminen on vaativampaa kuin viemäriverkostojen, sillä vesijohtoverkostoissa on enemmän laitteistoja, kuten venttiileitä ja mittareita, kuin viemäriverkostoissa. Eri vesihuoltolaitokset suosivat verkostoalueillaan eri saneerausmenetelmiä ja osa laitoksista mieluummin korjaavat tapahuneet putkirikot kuin alkavat saneerata verkostoja. (Grigg 2012) HSY:n alueella vesijohtoverkostot saneerataan pääasiassa betonoimalla, pakkosujuttamalla ja aukikaivamalla. Viemäriverkostojen saneerausmenetelminä käytetään joko sujutuksia tai aukikaivuu- ta. Sujutuksissa suositaan muotoputki- ja sukkasujutuksia, jotka eivät huomattavasti pienennä viemäreiden putkikokoa. (Kauppinen 2006) HSY:n Sami Sillstén:n mukaan tulevaisuudessa tullaan suosimaan kaivamattomia menetelmiä yhä enemmän ja niillä tullaan tekemään noin 90-95 prosenttia saneerauksista. Samanlainen suuntaus on myös muilla Suomen vesihuoltolaitoksilla. SerVesi-projektin raportissa todettiin, ettei aukikaivamalla tehtävien saneerausten määrä tule nykyisestään enää kasvamaan. Tarvittavat lisäsaneeraukset tullaan tekemään tulevaisuudessa kaivamattomilla saneerausmenetel- millä. (Heino & Pietilä 2012)

Saneeraustavan valintaan vaikuttavat monet asiat. Kari Mäkinen HSY:stä esitti päätöksen tekoon vaikuttavia asioita AEL:n järjestämässä seminaarissa vuonna 2010. Pääkohdat esityksen mukaan ovat putkelta vaadittava kapasiteettitarve tulevaisuudessa, saneerattavan putken nykykunto, saneerattavan putken liittyjien määrä, linjalla olevien kaivojen määrä, ympäristön vaikutukset, saneerauksen vaikutukset sekä työn hinta.

(Mäkinen 2010) Seuraavassa esitellään yleisempien saneerausmenetelmien pääperiaatteet.

Aukikaivaminen

Vesihuoltoverkostojen saneeraaminen aukikaivamalla on perinteinen vesihuoltoverkostojen saneerausmenetelmä. Aukikaivuussa vesihuoltoverkostot kaivetaan koko saneerausmatkalta auki ja vaihdetaan uuteen. Menetelmä on hyvä tilanteissa, joissa osa verkostoista on painunut maaperäolosuhteiden muuttuessa vuosien saatossa tai linjassa on useita tonttiliitoksia. Aukikaivamalla voidaan tehdä vesihuoltolinjojen perustukset uudelleen ja yhtäaikaisen katujen saneerauksen kanssa ei verkostoja kannata muulla tavalla saneerata. Huonoja puolia aukikaivamisessa on, että siinä katu tai muu alue joudutaan koko matkalta kaivamaan auki. Tällöin saneeraustyö voivat huomattavasti haitata liikennettä ja aiheuttaa vaaratilanteita laajojen kaivantojen johdosta. (VVY 2004)

Pitkäsujutus (Lining with Continuous pipe)

Pitkäsujutusmenetelmässä saneerattavan putken sisään vedetään tai työnnetään uusi yhtenäiseksi putkeksi liitetty muoviputki. Vanha putki jää uuden putken ulkopuolelle ja putkien väliin jäävä tila täytetään täyteaineella. Pitkäsujutusta käytetään sekä vesijohtotähtä viemäriverkostoille. Ennen saneerausta täytyy saneerattavat johdot puhdistaa. Puhdistuksen jälkeen uusi johto vedetään saneerattavan putken sisään käyttämällä apuna vaijeria. Pitkäsujutamalla voidaan yhdellä kertaa saneerata noin 500 metrin verran verkostoa. Pitkäsujutuksessa täytyy kaivaa auki sujutuksen alkukohta sekä mahdolliset tonttivesijohtojen ja –viemärien liitospaikat. (VVY 2004)

Pitkäsujutuksesta on kehitetty kuristussujutus, jossa sujutettava PE-putken muoto muutetaan ennen putken sujutusta. Sujutuksen jälkeen sujutettu putki palautuu normaaliin muotoonsa ja täyttää saneerattavan putken. (VVY 2004)

Pätkäsujutus (Lining with Discrete pipes, Short Section Lining)

Pätkäsujutuksessa uusi putki rakennetaan sujutuksen aikana samalla, kun sitä työnnetään putkeen. Sujutuksen apuna käytetään hydraulikkakäyttöistä työntölaitetta, joka työntää sujutettavaa putkea vanhan sisään. Sujutus tehdään viemärikaivoista. Sujutettavat putket ovat tavallisesti noin 60 cm pitkiä. Pisimmillään sujutusosat voivat olla jopa 6 metriä pitkiä. Pätkäsujutuksessa tulee myös kaivaa auki tonttijohtojen liitoskohdat sekä täyttää vanhan ja uuden putken väliin jäänyt tyhjä tila. (VVY 2004)

Pakkosujutus (Pipe Bursting, Pipe Splitting)

Pakkosujutuksessa vanha putki rikotaan pakkosujutuslaitteella ja laitteen perässä vedetään uusi putki vanhan rikotun putken tilalle. Uusi putki voi olla saneerattavan putken kanssa samankokoinen tai hieman suurempi. Pakkosujutusta voidaan tehdä kohteissa, joissa ei ole sujutettavan putken lähellä muita putkia, jotka voivat vaurioitua pakkosujutuksesta. Pakkosujutusta voidaan tehdä sekä pitkä- että pätkäsujutusmenetelmällä. Pak-

kosujutus vaatii samat kaivannot kuin pitkä- ja pätkäsujutuksetkin. Pakkosujutuksessa ei tarvitse puhdistaa vanhaa putkea. (Simicevic & Sterling 2001)

Muotoputkisujutus (Close-Fit Lining)

Pitkäsujutuksesta kehitetty saneerausmenetelmä, jossa munuaismuotoon taivutettu sujutusputki sujutetaan saneerattavaan johto-osuuteen. Menetelmää voidaan käyttää vesijohdoille ja viemäreille. Vanha putki tulee ennen saneerausta puhdistaa hyvin. Muotoputkisujutuksessa sujutettava putki lämmitetään ja paineenalaisena sujutetaan vanhan putken sisään. Putki painautuu tiiviisti vanhaa putkea vasten ja paineen vaikutuksen vielä jatkuessa putki viilennetään lopulliseen muotoonsa. Sujutusmenetelmä ei tarvitse erityisiä kaivantoja ja tonttiliitoksia varten tehdään putkeen reiät saneeratun putken sisältä. (iSTT 2005a)

Sukkasujutus (Soft Lining, Cured-in-Place Lining/Pipe, CIPP)

Sukkasujutuksessa saneerattavan johdon sisään sujutetaan pehmeästä materiaalista valmistettu sujutusputki, joka kovetetaan sujutuksen jälkeen lämpimällä vedellä, kuumalla höyryllä tai ultraviolettivalolla. Sujutusputkimateriaaleina käytetään polyesterihuopaa, polyesteriteksiiliä ja lasikuituvahvistettuja materiaaleja. Ennen sujutusta sujutusputki kyllästetään hartsilla. Sujutusputki asennetaan saneerattavaan putkeen ilman- tai veden paineella tai mekaanisesti vetämällä. Vanha johto-osuus on puhdistettava ennen sujutusta ja tonttiliitoskohtiin porataan aukot sujuttamisen jälkeen. (iSTT 2005b)

Sementtilaastivuoraus/ Betonointi (Cement Mortar Lining)

Sementtilaastivuorauksella saneerataan vesijohtoja, joiden rakenteellinen kunto on hyvä. Sementtilaastivuorauksessa vesijohto ensin puhdistetaan mekaanisesti ja sen jälkeen vesijohdon sisäpinnalle ruiskutetaan sementtilaastikerros. Betonipinnoitteen vahvuus vaihtelee 3-19 millimetriä. Betonin tulee antaa kuivua vesijohdon pintaan noin yhden vuorokauden ajan ennen tarkastuskuvauksen tekemistä. Kuvauksen jälkeen saneerattu vesijohto-osuus huuhdotaan, jotta verkoston pH laskee sopivalle tasolle ja huuhtelun jälkeen vesijohdot vielä desinfioidaan. Tonttijohtojen liitokset eivät yleensä tukkeudu sementtilaastivuorauksen yhteydessä. (VVY 2004)

2.2.2 Vesijohtoverkostossa tapahtuvat vauriot ja niiden syyt

Vesihuoltoverkostojen saneerauksilla pyritään muun muassa estämään verkostoissa tapahtuvia vaurioita. Näitä vauriotyyppejä ovat putkirikot ja verkostovuodot. Putkirikot ja vuodot usein sekoitetaan keskenään ja niiden määrittelyissä esiintyy eroavaisuuksia. Pelletier et. al. määrittelevät putkirikon seuraavasti: *putkirikko on tapahtuma, jossa vuoto aiheuttaa maan pinnalla havaittavissa olevan vuodon, eli vuodon, joka vaatii välittömiä korjaustoimenpiteitä.* (Pelletier et al. 2003) Kia Aksela määritteli putkirikon hie- man eri tavalla Vesitalous -lehden numerossa 6/2010. Tämän määritelmän mukaan, *putkirikko on putken rakenteellinen hajoaminen, joka huomataan verkoston paineiden alenemisena.* (Vesitalous 6/2010)

Näiden kahden määritelmän perusteella, oleellista putkirikon määritelmässä on äkillinen havaittavissa oleva tapahtuma, joka vaatii välitöntä korjaamista tai eristämistä muusta verkostosta.

Verkostovuodot taas eivät vaadi yhtä nopeita toimenpiteitä kuin putkirikot. Aksela toteaa kirjoituksessaan, että vuodoiksi lasketaan kaikki verkostosta ulos tulviva vesi, joka ei ole tarkoituksenmukaista (Vesitalous 6/2010). Vesijohtoverkostot voivat vuotaa vuosia aiheuttamatta minkäänlaisia vaurioita.

Vesi-Instituutti julkaisi vuonna 2008 julkaisun ”Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa”. Julkaisun mukaan vesijohtoverkostossa esiintyvien vaurioiden syyt voidaan jakaa neljään ryhmään. Nämä ryhmät ovat asennus- ja käyttöönottovirheet, teknisen käyttöiän saavuttaminen, yleiset vahingot ja tuotevirheet. Asennus- ja käyttöönottovirheet aiheuttivat tutkimuksen mukaan selvästi eniten vaurioita. Lisäksi työn yhteydessä saatiin selville, että veden laadulla ja putken materiaalilla oli huomattava vaikutus vesijohtojen käyttöikään. (Vesi-Instituutti 2008)

Muovien yleisimpiä vaurioitumisen syitä ovat putken ikääntyminen ja sitkeä murtuminen. Putken ikääntymisen nopeuteen vaikuttavat ympäristötekijät ja sitkeään murtumiseen putkeen kohdistuvat suunniteltua kovemmat rasitukset. Metallisille ja sementtipohjaisille vesijohdoille yleisimmät vauriot aiheutuivat syöpymisestä. Teräksisten ja valurautaisten putkien käyttöikään vaikuttavat oleellisesti niissä käytetyt sisä- ja ulkopuoliset pinnoitteet. Ulkopuolinen korroosio näyttäisi vaikuttavan tutkimuksen mukaan enemmän materiaalien käyttöikään kuin sisäpuolinen. (Vesi-Instituutti 2008)

Vesijohtoverkostomateriaalin käyttöiän pidentämiseksi sekä vuotoveden määrän vähentämiseksi Vesi-instituutti esitti viittä eri keinoa. Nämä ovat suunnittelu ja materiaalivalinta, asennuksen ja käyttöönoton laadun parantaminen, veden teknisen laadun parantaminen, lainsäädäntö ja määräykset sekä käyttö ja kunnossapito. Eniten verkoston kuntoon siis vaikuttavat putkien asennusvaiheessa tapahtuneet valinnat ja toimenpiteet. Ainoastaan veden laadun parantaminen sekä verkoston käytön ja kunnossapidon kehittäminen ovat sellaisia asioita, joiden avulla verkoston käyttöikää voidaan vaikuttaa myöhemmin. Yleisesti ottaen veden laadun tulee olla sellaista, ettei se aiheuta verkostossa sisäistä korroosiota. (Vesi-Instituutti 2008)

Vesi-Instituutin julkaisussa viitattiin Virpi Nikulaiselta vuonna 1993 tekemään tutkimukseen ’Vesijohtojen ja viemäreiden vauriot’, jossa Nikulainen vertaili eri vesihuoltoverkostojen johtokokoja ja niiden vaurioalttiutta. Tutkimuksessa todettiin, että keskikokoisissa 150-199 mm putkissa tapahtuu eniten vaurioita. Isoissa putkissa, joiden halkaisija on suurempi kuin 300 mm, vaurioita tapahtuu vähemmän. (Vesi-Instituutti 2008)

2.2.3 Alue- ja yksittäissaneeraus sekä yhteishankkeet kaupungin muiden infra-toimijoiden kanssa

SerVesi-projektissa tehtiin huomio, että aluesaneeraus on vesihuoltolaitosten mielestä mielenkiintoinen ja tulevaisuudessa järkevä tapa toteuttaa saneerauksia. Aluesaneeraus määriteltiin tutkimuksessa kokonaisen kaupunginosan tai vastaavanlaisen alueen vesi-

huoltoverkostojen saneeraukseksi. Aluesaneerauksen hyötyinä tutkimuksissa nähtiin yksikköhinnoissa saavutetut kustannussäästöt ja alueen verkoston parantaminen samantyyppiseksi yhdellä kertaa. Lisäksi isot saneeraushankkeet voivat lisätä kiinnostusta uusissa saneerausaloimajoissa, jolloin palveluntarjonta paranee sekä saneerausten kustannukset mahdollisesti pienenevät. (Heino & Pietilä 2012)

Jätevesiviemärien vuotovesien hallintaa esiteltiin Vesitalous -lehden numerossa 1/2010. Lehden artikkelissa Heino ja Eklöf totesivat, että vuotovesien vähentämiseksi viemäriverkostoja tulee saneerata laajamittaisesti ja systemaattisesti. Samassa artikkelissa he totesivat, että alueellisella saneerauksella verkostovuotoja saadaan tehokkaasti vähennettyä, kun taas yksittäisten osuuksien saneeraaminen siirtää ongelman seuraavaan heikkokuntoiseen kohtaan. (Vesitalous 1/2010) SerVesi-rapotti vastasi tähän, että yksittäisten kaivojen tai verkosto-osuuksien saneeraus on suositeltavaa silloin, kun alueen verkoston rakenteellinen kunto on muilta osin hyvä (Heino & Pietilä 2012).

Aluesaneerauksen hyvinä puolina SerVesi-raportissa todetaan myös, että isoja kokonaisuuksia saneerattaessa viemäriverkosto on helpommin muutettavissa sekaviemäröinnistä erillisviemäröinniksi kuin yksittäissaneerauskohteissa. Lisäksi alueellisesti tehtävien saneerausten kiinnostusta lisää, jos vesihuoltoverkostojen saneeraus tehdään yhdessä muiden verkostoinfrastruktuurin, eli katujen ja energiaverkkojen, kanssa. (Heino & Pietilä 2012) Yhteishankkeissa kadut kaivetaan auki ja verkostojen saneerausten yhteydessä myös maaperän tukirakenteet voidaan uusida. SerVesi-projektin raportissa todettiin, että kaivamalla tehtävien saneerausten etu on, että saneerauksen yhteydessä pystytään hyvin yhdistämään katurakenteiden ja muiden maahan asennettujen verkostojen uusiminen yhtäaikaaisesti. Tällä hetkellä pääkaupunkiseudulla on käynnissä LOUHI-hanke, jossa kaikkien johtolaitoksien verkostotiedot kerätään samaan selainpohjaiseen tietojärjestelmään (Maankäyttö 2010). Tulevaisuudessa tietojärjestelmään listataan myös johtolaitosten saneeraustarpeet. Järjestelmän avulla valitaan saneerauskohteet, jotka palvelevat parhaiten kaikkien johtolaitosten tarpeita.

Yksittäiskohteen saneerauksen eli kohdesaneerauksen hyvä puoli on sen suunnittelun ja toteuttamisen nopeus. Tällä tavalla voidaan tehokkaasti saneerata yksittäinen huonokuntoinen vesihuoltoverkoston osa kuten putki, kaivo tai muu vastaava. Lisäksi yksittäiskohteen saneerauksen suunnittelu ja toteuttaminen on helpompaa tehdä kokonaisuudessaan vesihuoltolaitoksen omana työnä. Saneeraamalla yksittäiskohteita voidaan saneerausresurssit kohdentaa helpommin verkoston heikkokuntoisimpiin osiin kuin aluesaneerauksessa. Aluesaneerausten kohdentamisessa saneerauskohteiden valinta ei välttämättä perustu verkoston kuntoon, vaan syy voi olla päätös tehdä saneerauksia aluesaneeraamalla. Tällöin voidaan uusida myös sellaisia verkostoja, jotka eivät kyseisellä hetkellä välttämättä tarvitsisi saneerausta.

2.3 Vaikuttavuuden arviointi

2.3.1 Vaikuttavuuden arvioinnin käsitteet

Vaikuttavuuden arviointi on yksinkertaisimmillaan jonkin teon tai tuloksen aikaansaaman vaikutuksen vertaamista alkuperäiseen tilanteeseen. Vaikuttavuuden arviointi – Hyvät käytännöt -menetelmäkäsikirjassa vaikuttavuuden arviointia määritellään kysymyksillä: mikä vaikuttaa mihinkin, miten, milloin ja millä edellytyksillä? Samassa teoksessa avataan myös pelkän vaikuttavuuden käsitettä, jonka todetaan kuvaavan tulosta, vaikutusta ja vaikuttamisen prosessia. Arvioinnissa on tärkeää yhdistää sekä prosessit että tulokset eikä tarkastella ainoastaan toista. (Dahler-Larsen 2005)

Näiden määritelmien perusteella voidaan todeta, että vesijohtoverkostojen saneerausten vaikuttavuudessa on kyse siitä, miten eri saneerausmenetelmät vaikuttavat saneerausten vaikuttavuutta arvioiviin tunnuslukuihin ja millä aikavälillä vaikutukset näkyvät niissä. Lisäksi vaikuttavuuden arvioimisessa tulee tarkastella, miten siihen vaikuttaa saneerausten kohdentaminen.

2.3.2 Vaikuttavuuden arvioinnissa käytettävät mittarit HSY:llä ja muualla

Suomen Vesilaitosyhdistys (ent. Vesi- ja viemäriyhdistys, myöhemmin VVY) alkoi vuonna 2006 ylläpitää tunnuslukujärjestelmää. Yhdistys pitää yllä web-pohjaista järjestelmää, johon tunnuslukujärjestelmän jäsenlaitokset syöttävät vuosittain vesihuoltolaitoksensa perustiedot. Näiden perustietojen perusteella järjestelmä laskee vesihuoltolaitosten vertailuun suunniteltuja tunnuslukuja. Jäsenlaitokset pääsevät vertailemaan tunnuslukuja järjestelmän kautta ja niiden pohjalta julkaistaan vuosittain myös julkinen raportti. Tunnuslukujärjestelmää kehitetään jatkuvasti ja siitä vastaa vuosittain valittava työryhmä. (VVY 2009)

Tunnuslukujärjestelmä perustuu benchmarking-ideaan. Benchmarking tarkoittaa suoraa suomennettuna asioiden arviointia tai vertailua joihinkin kriteereihin. Wikipedian mukaan benchmarking on oman toiminnan vertaamista parhaaseen vastaavaan käytäntöön. Benchmarking on yleistä yritysmaailmassa ja osana laatuja järjestelmiä. Pääasia benchmarking:ssä on verrata omia tunnuslukuja muiden vastaaviin lukuihin sekä arvioida vuosittain omaa kehittymistä vertaamalla oman laitoksen tunnuslukuja edellisen vuoden vastaaviin lukuihin. Tärkeintä benchmarking:ssä on, että verrattavat tunnusluvut ovat koottu samojen periaatteiden mukaan.

Vesihuoltolaitoksilta kerätään tunnuslukujärjestelmään tiedot 162 perustiedosta. Perustietojen luvut ovat pääasiassa sellaisia, jotka ovat vesihuoltolaitoksilla valmiina. Perustietojen perusteella tunnuslukujärjestelmä laskee noin 70 tunnuslukua. Ongelmana tunnuslukujärjestelmässä on yksiselitteisten tunnuslukujen kehittäminen, joiden avulla voitaisiin vertailla vesihuoltolaitoksia niiden koosta tai rakenteesta riippumatta. Lisäksi kaikki VVY:n jäsenlaitokset eivät ole tunnuslukujärjestelmän käyttäjiä vaan järjestelmässä on 50 vesihuoltolaitoksen tunnusluvut. Tällöin tunnusluku ei kuvaa hyvin koko maan tilannetta.

VVY:n tunnuslukujärjestelmässä on pyritty määrittelemään vesihuoltolaitoksen toimintaa kuvaavat tunnusluvut ja niiden lähtötiedot mahdollisimman hyvin niin, että järjestelmästä saatavat tunnusluvut olisivat vertailukelpoisia. Osa tunnusluvuista kuten laskuttamattoman veden määrä ja suhteellinen putkirikkojen määrä, sopivat verkostosaneerauksen vaikuttavuuden mittaamiseen.

Ulkomaisesta kirjallisuudesta löytyy muutamia julkisia raja-arvoja, joiden perusteella määritellään, ovatko vesihuoltolaitoksen verkoston kunto hyvä vai huono. Näitä arvoja löytyy vesijohtoverkoston vuotoprosentille esimerkiksi Norjasta, Tanskasta, Yhdysvalloista ja Maailman pankilta. Myös tapahtuneille putkirikoille löytyi eri maiden määrittelemiä arvoja, joiden perusteella voidaan arvioida verkoston kuntoa.

Alla olevassa taulukossa 1 on kuvattu raja-arvoja vuotoprosenttien eri tasoille.

Taulukko 1 Vuotoprosenttiin perustuva verkoston kuntoluokitus eri maissa ja organisaatioissa

	Hyvä	Ok	Huono
Norja (Norsk Vann 2011)	alle 20 %	-	yli 40 %
Tanska (DANVA 2006)	alle 5 %	5 - 10 %	yli 10 %
AWWA (Sharma 2008)	alle 10 %	10 - 25 %	yli 25 %
World Bank	alle 20 %	-	-

Huomionarvoista yllä olevassa taulukossa on Tanskan erittäin pienet luokkarajat. Kyseiset rajat selittyvät Tanskan verotuskäytännöllä. Tanskassa valtio perii veroa vesilaitoksittain jokaisesta vuotovesikuutiosta, joka ylittää kymmenen prosentin rajan. Tällöin vesihuoltolaitokset haluavat pitää vuotovesimääränsä vähäisinä. (Kyrönseppä 2013) Vuotovesiprosentti oli Tanskassa vuonna 2010 noin 7 % (DANVA 2011). RIL on Vesihuoltoverkkojen suunnittelu –kirjassa asettanut tavoitteelliseksi vuotoprosentiksi Suomessa 12 %. Tämä arvo pohjautuu Ruotsin vesilaitosyhdistyksen Svenskt Vatten:n antamiin ohjeistuksiin. (RIL 237-2-2010)

Taulukkoon 2 on koottu Eurooppalaisten maiden raja-arvoja putkirikkojen tapahtumistiheyden osalta, joiden perusteella maat arvioivat vedenjakeluverkostojen rakenteellista kuntoa.

Taulukko 2 Putkirikkojen suhteutettuun lukumäärään perustuva verkoston kuntoluokitus eri maissa

	Erinomainen [kpl/km/vuosi]	Hyvä [kpl/km/vuosi]	Ok [kpl/km/vuosi]	Huono [kpl/km/vuosi]
Ruotsi (Svenskt Vattten 2011a)	alle 0,05	0,05 - 0,1	0,1 - 0,2	yli 0,2
Tanska (DANVA 2006)	-	alle 0,2	0,2 - 0,25	yli 0,25
Saksa (Kober et Gangl 2012)	-	alle 0,1	0,1 - 0,5	yli 0,5

Huomattavaa taulukossa 2 on, että Tanskassa käytetty asteikko on lähempänä muiden maiden raja-arvoja kuin vuotovesiprosenttien suhteen. Näiden kahden taulukon perusteella voidaan todeta, että Suomelle omien raja-arvojen määrittelyä ei voida suoraan tehdä muiden maiden raja-arvojen perusteella. Muiden maiden arvoista voidaan kuitenkin ottaa mallia määritettäessä mahdollisesti Suomen vesihuoltolaitoksille omat raja-arvot.

VESA-työryhmän määrittelemät saneeraustoiminnan mittari

Vuonna 2011 HSY:llä valmistui VESA-työryhmän raportti, jossa esiteltiin muun muassa mittarit, joiden perusteella verkostosaneerausten vaikuttavuutta tulisi HSY:ssä tarkastella. Yhtenä tarkasteltavana mittarina esiteltiin vedenjakeluverkoston vuotavuutta, joka kuvaa työryhmän mukaan hyvin verkoston fyysistä kuntoa. Vuotavuus tulisi laskea verkostokilometreihin suhteutettuna. Toisena verkoston rakenteellisesta kunnosta kertovana mittarina työryhmä määritteli tapahtuneiden putkirikkojen määrän verkostossa. Lisäksi myös tonttijohtovuotojen tai laiterikkojen lukumäärä ja kulutuskeskeytysaika ovat käyttökelpoisia mittareita arvioitaessa saneerausten vaikuttavuutta.

Jätevesiviemäriverkostossa verkoston fyysisen kunnan mittarina voidaan VESA-työryhmän mukaan käyttää viemäriin sisään vuotavaa vesimäärää. Erillisviiemäroidyillä alueella tämä tunnusluku kertoo hyvin viemäriverkoston vuotavuudesta, kun pumppaamolle tulevaa vesimäärää verrataan laskutetun jäteveden määrään. Jotta sadevedet eivät vaikuta oleellisesti mittariin, vuotavuutta tarkastellaan viiden vuoden keskiarvona. Sekaviiemäroidyillä alueilla tämä mittari ei kuvaa verkoston rakenteellista kuntoa, sillä näillä alueilla sadevedet ohjataan viemäriin. Myös viemäristä ulos vuotava vesi kuvaa verkoston kuntoa ja aiheuttaa samalla haittaa ympäristölle. Tätä mittaria on kuitenkin hyvin vaikea seurata. Kolmas viemäriin kuntoa kuvaava mittari on ylivuodot. Ylivuodot voivat johtua joko verkoston liian pienestä kapasiteetista, viemäritukoksesta, sortumasta, laiteviasta tai sähkökatkoksesta. Vuosittain seurattavat viemäritukosten ja viemärisortumien lukumäärä kuvaa myös hyvin verkoston kuntoa ja kunnossapitoa.

Vesijohtoverkoston kunnosta kertoo myös veden laatu, jonka pitää pysyä hyvänä aina vesilaitokselta kuluttajan hanaan asti. VESA-työryhmän mukaan yhtenä hyvänä mit-

tarina verkoston kunnosta voidaan käyttää laatupoikkeamien osuutta tutkituista vesinäytteistä. Laatupoikkeamia ei tällä hetkellä merkitä HSY:n verkostokartoille.

Vesijohtoverkoston kustannustehokkaan käytön arvioinnissa hyviä mittareita ovat verkoston käyttökustannukset verkostokilometriä kohden ja verkoston juoksutuksiin käytettävän juoksutusvesimäärät. Viemäriverkostossa seurataan juoksutusvesimäärien sijaan huuhtelukertojen lukumääriä. Näitäkään arvoja ei seurata HSY:n verkostoista riittävällä tarkkuudella, jotta kustannukset voitaisiin kohdistaa yksittäisiin kohteisiin.

Verkostojen sisäisten ja ulkoisten riskien hallinta on myös yksi osa-alue, joka kertoo verkostojen kunnosta. Verkoston sisäinen riski on verkostojen välttämättömyys alueen vedenjakelulle. Jos tarkasteltava johto-osuus on ainoa yhteys jakelualueelle, sisäisen riskin suuruus on suuri. Jos taas alueelle johdetaan vettä useaa jakelujohtoa pitkin, niin riski on vastaavasti pienempi. Ulkoisia riskejä ovat riskit, jotka toteutuessaan aiheuttavat haittaa ulkopuolisille. Mittarina voidaan käyttää riskianalyysin tuloksena saatuja riskiarvioita tai laskemalla toteutuneiden ulkoisten riskien lukumäärät. Viemäriverkoston riskiarvioinnissa riskit voidaan jakaa työryhmän mukaan muun muassa terveys, ympäristö- ja omaisuusriskeihin.

Verkostojen kuntotietojen hallinta on tärkeä apuväline arvioitaessa saneerausten onnistumista. Vesijohtoverkoston osalta mittarina tässä tulisi käyttää tallennettujen kuntotietojen lukumäärää vesijohtokilometriä kohden ja viemäriverkostossa TV-kuvattujen viemäreiden osuutta viemäriverkostopituudessa. Vesijohtoverkostojen kuntotietoja ei ole kerätty HSY:n osalta, mutta viemäriverkostojen TV-kuvaus määrät ovat tiedossa.

Seuraavassa käydään läpi, millä eri yksiköillä verkostojen vuotavuutta voidaan kuvata.

Vesijohtoverkoston vuotovesimäärää kuvaavat yksiköt

Vesijohtoverkoston vuotovesimäärää kuvataan yleisesti viidellä tunnusluvulla. Näistä neljä ovat perinteisiä ja pitkään käytettyjä tunnuslukuja. Ne ovat vuotoprosentti (%), vuotovesimäärä suhteessa kiinteistöjen lukumäärään ($\text{m}^3/\text{kiinteistö}/\text{d}$), vuotovesimäärä suhteessa verkostokilometreihin ($\text{m}^3/\text{verkosto km}/\text{d}$) ja vuotovesimäärä suhteessa tonttijohtojen lukumäärään ($\text{m}^3/\text{tonttijohto}/\text{d}$). Näihin perinteisiin tunnuslukujen käyttöön liittyy ongelmia ja niistä saadut arvot eivät ole vertailukelpoisia eri vesihuoltolaitosten kanssa. Esimerkiksi vuotovesiprosenttiin vaikuttaa erittäin paljon vedenkulutus sekä sen vaihtelut ja verkostopaine. Vuotoprosenttia käytetään kuitenkin erittäin paljon sillä se on helposti laskettavissa ja ymmärrettävissä (Winarni 2009). Päivi Kopra on diplomityössään vertaillut eri tunnuslukuja ja todennut, että parhaiten perinteisistä tunnusluvuista vuotovesien arviointiin sopii vuotovesimäärän vertaaminen joko verkostokilometreihin tai tonttijohtojen lukumäärään (Kopra 2007). Vuonna 2005 Vesi-Instituutti laski arviot kyselyyn vastanneille vesihuoltolaitoksille heidän laskuttamattoman veden suuruudesta. Suomen suurten vesihuoltolaitosten osalta keskimääräinen vesijohtoverkoston vuotoprosentti oli noin 16,0 %, pienin vuotoprosentti oli 8,7 % ja suurin 25,7 %. (Vesi-Instituutti 2008)

Uusin ja kehittynein vuotovesiä kuvaava tunnusluku on vuotavuusindeksi eli ILI-luku. Vuotavuusindeksi perustuu verkoston kokonaispituuteen, tonttijohtojen lukumäärään sekä verkostopaineeseen. Vuotavuusindeksi lasketaan CARL ja UARL lukujen perusteella. CARL eli Current Annual Real Losses kuvaa todellista vuotuista vuotovesimäärää. UARL eli Unavoidable Annual Real Losses tarkoittaa väistämätöntä vuotuista vuotovettä. Näiden suhteesta saadaan vuotavuusindeksi eli ILI-luku. ILI-luku kertoo todellisen vuotovesimäärän ja pienimmän teknillisesti mahdollisen vuotovesimäärän suhteen. (Kopra, 2007) ILI-luku ottaa huomioon myös sen, ettei optimaalista vuotamattomaa vedenjakeluverkostoa saada ylläpidettyä vaan jokainen verkosto vuotaa aina hieman (Winarni 2009).

Verkostoon pumpatun vesimäärän käsite voi vaihdella niin kansainvälisesti kuin kansallisestikin melko paljon. Tätä vaihtelu pienentääkseen International Water Association on esittänyt kansainvälisen vesitasestandardin. Suomenkielinen vesitase on esitetty taulukossa 3. (Kopra, 2007)

Taulukko 3 Vesijohtoverkoston pumpatun veden vesitase (Kopra 2007)

Verkos- toon pum- pattu vesi- määrä	Hyväksytty käyttö	Laskutettu hyväksytty käyttö	Laskutettu mitat- tu käyttö	Laskutettu vesi
			Laskutettu mit- taamaton käyttö	
		Laskuttamaton hyväksytty käyttö	Laskuttamaton mitattu käyttö	Laskuttamaton vesi
			Laskuttamaton mittaamaton käyttö	
	Vuotovesi	Näennäinen vuotovesi	Luvaton käyttö	
			Mittarivirheet	
		Todellinen vuotovesi	Pää- ja jakelujoh- tovuodot	
			Säiliöylikuodot	
			Tonttijohtovuodot	

Viemäriverkoston vuotovesimäärät

Viemäriin sisään vuotavat vuotovedet kuvaavat hyvin tarkasteltavan erillisviemäriin rakenteellista kuntoa. Kasvavat vuotovedet kertovat verkostojen kunnon heikentymisestä sekä viemäriin ohjautuvista hulevesistä. Vuotokohtia on kuitenkin erittäin hankala paikallistaa, sillä ne eivät näy maan pinnalle toisin kuin vesijohtoverkoston vuodot. Keväiset lumien sulamisvedet ja syksyiset pitkäkestoiset sateet näkyvät suurina piikkejä jätevedenpuhdistamoille tulevassa jäteveden määrässä. Vuotovedet laimentavat puhdistamolle tulevaa jätevettä ja aiheuttavat ongelmia etenkin pienillä jätevedenpuhdistamoilla.

2.3.3 Aiheesta aiemmin tehdyt selvitykset

Verkostosaneerausten vaikuttavuudesta on aikaisemmin tehty muutamia tutkimuksia, mutta laajoja suomalaisia tai kansainvälisiä selvityksiä ei aiheesta vielä ole. Tässä yhteydessä käydään kevyesti läpi HSY Veden, Tampereen Veden ja Vesi- ja viemärilaitosyhdistyksen vuonna 2011 valmistuneen raportin tulokset, VTT:n Asset Management vesihuollossa kirjallisuustutkimuksessa selvitettyt asiat sekä muutama kansainvälinen tutkimus aiheesta. Ensimmäinen käsittelee ainoana tutkimuksena kokonaisuudessaan verkostosaneerausten vaikuttavuutta, muissa aiheita käsitellään vähemmän.

Verkostosaneerauksen vaikuttavuuden arviointi

HSY Veden, Tampereen Veden ja Vesi- ja viemärilaitosyhdistyksen yhteistyönä vuonna 2011 valmistuneessa raportissa käsitellään saneerausten vaikuttavuutta neljästä laajemmasta näkökulmasta. Ensimmäisessä näkökulmassa verkostosaneerausten vaikuttavuutta

arvioidaan perinteisten tunnuslukujen pohjalta. Käytettyjä tunnuslukuja ovat tapahtuneet putkirikot, laskuttamaton vesi, veden laatuvalitukset, vesihuoltokatkokset ja laskuttamaton jätevesi. Tunnuslukuja käsitellään raportissa laitoskohtaisesti jakamatta verkostoja pienempiin mittausalueisiin. Raportissa ei löydetä yhteyttä tunnuslukujen ja saneerausten välille. (Pöyry Finland Oy 2011)

Toisena näkökulmana selvityksessä on verkostojen teknisen nykykäyttöarvon kehitys. Siinä Helsingin ja Tampereen vesijohtoverkostojen nykykäyttöarvoa mallinnetaan saneerausten vaikuttavuuden arvioimiseksi. Mallinuksissa käytetään kaupunkikohtaisia oletuksia, joten kaupunkien välistä kehittymistä ei voida vertailla keskenään. Lisäksi vakiintuneita laskentaoletuksia ei ole olemassa, mikä vaikeuttaa laskentojen tekemistä. Saneerauksen osuus vesihuoltolaitoksen arvon kehityksessä voidaan esitetyillä menetelmillä laskea, mutta laskentaperiaatteet johtavat siihen, että verkoston arvo ei nouse tarpeeksi nopeasti, jotta se kohtaisi verkoston saneeraukseen sijoitetut kustannukset. (Pöyry Finland Oy 2011)

Seuraavan näkökulmana työssä esitellään putkirikkojen ja verkostovuotojen kustannukset, joita verrataan vuotuisiin saneerauskustannuksiin. Selvityksen mukaan saneerausten kannattavuus ei ole yksinkertaisesti selitettävissä. Tulosten mukaan optimaalinen saneerausväli on noin 100 vuotta, mikä on noin kaksi kertaa suurempi vallalla olevaa käsitystä saneerausvälin pituudesta. Tarkastelussa otetaan huomioon ainoastaan putkirikkojen ja vuotojen vähentymisestä saavutettu taloudellinen kannattavuus, eikä siinä oteta lainkaan huomioon esimerkiksi jätevedenpuhdistamolle vähentyneillä hulevesivirtaamilla saavutettuja hyötyjä. (Pöyry Finland Oy 2011)

Neljännessä näkökulmassa tarkastellaan teoreettisen maailman mallintamista. Mallintaminen suoritetaan vesihuoltolaitosten tilastojen ja kirjallisuuden avulla ja siinä yritetään selvittää putken ja sen ympäristön ominaisuuksien ja kunnon välisiä yhteyksiä. Tässä osassa tulee esille myös jo aiemmin havaittu tieto, että ilman selviä perusteluja ei saneeraaminen ole kannattavaa. Ongelmana teoreettisen maailman mallintamisessa on lähtötietojen heikko saatavuus. (Pöyry Finland Oy 2011)

Asset Management vesihuollossa

VTT:n hankkeessa tehdään kirjallisuuskatsaus tehtyihin vesilaitosten käyttöomaisuuden hallinnan välineisiin. Tutkimusta aiheen parissa on eniten tehty Pohjois-Amerikassa ja Australiassa ja Euroopan maista Isossa-Britanniassa. Useassa kirjallisuudesta löytyvissä hankkeissa on verkostojen kuntoa ja sen jäljellä olevaa käyttöikää määritetty olemassa olevan datan perusteella. (VTT 2006)

AssetVesi-hankkeen loppuraportissa (VTT 2008) esitetään vesihuoltolaitoksen kunnon- ja suorituskyvyn arviointimenettelylle lähtökohtia, jotka ovat myös saneerausten vaikuttavuuden arviointimenetelmien lähtökohtia. Niitä ovat arviointimenetelmän toistettavuus, objektiivisuus ja yksinkertaisuus. Tämä tarkoittaa sitä, että arvioinnin tulos ei saisi muuttua, vaikka arvioinnin tekisivät eri henkilöt. Arviointi tulisi olla myös mitattavissa sekä menetelmän tulee olla yksinkertainen, jotta se on helppo käyttää. (VTT 2008)

Loppuraportissa todetaan, että vesihuoltoverkoston nykytilan arviointi on erittäin hankalaa. Tämä johtuu putkien ja muiden verkosto-osien kunnan vaihtelusta, joka on erittäin satunnaista. Matemaattisten menetelmien avulla pystytään tekemään olemassa olevien tietojen pohjalta arvioita putken käyttöiästä. Tätä varten ei kuitenkaan ole olemassa tarpeeksi paljon laadukasta dataa mallien tarkkaa kalibrointia varten. Mallit antavat kuitenkin suuntaviivoja, mihin kehitys on korjaus- ja saneeraustarpeen osalta kullemassa. (VTT 2008)

AssetVesi-hankkeessa kehitettiin kaksi mallia, jotka molemmat on tarkoitettu enemmän saneerausten kohdentamiseen kuin vaikuttavuuden arviointiin. Ensimmäinen on verkosto-RCM, jossa verkostot arvioidaan asiantuntijaryhmässä riskienhallinnan menetelmin. Tarkastelu keskittyy sellaisiin alueisiin, joissa tulevaisuudessa todennäköisesti tullaan saneeraamaan. Niille alueille, jotka arvioidaan kriittisimmiksi vioittumisen suhteen, kehitetään sopiva kunnossapitostrategia. Toisessa mallissa arvioitiin historiadan perusteella tulevaisuuden verkostosaneeraustarpeita ja sen kautta kehitettiin vesihuoltolaitoksille suuntaa-antava verkostosaneerausten priorisointiohjelma. Malli perustuu työssä kehitettyyn uusimisprofiiliin, jonka perusteella voidaan arvioida, kuinka paljon kyseisiltä ominaisuuksiltaan vastaavaa putkityyppiä on tai tulisi olla uusittu. Uusimiskäyrän avulla voidaan tarkastella yksityiskohtaisesti, miten eri tekijät vaikuttavat putken uusimistarpeeseen. Tällä hetkellä ei kuitenkaan ole käytössä riittävästi tietoa, jotta tarkasteluja voitaisiin tehdä näin tarkasti. (VTT 2008)

Yhtenä mielenkiintoisena näkökulmana AssetVesi-työryhmä esittää, että eri vesihuoltolaitosten verkkotietojärjestelmät tulisi olla ainakin osittain yhdistettävissä. Yhdistämisen avulla verkkotietojärjestelmistä saataisiin ulos enemmän analyysitietoa, jonka avulla voitaisiin arvioida putkistojen käyttöiän kehitystä ja vertailla niitä eri vesihuoltolaitosten kesken. Toinen tärkeä huomio AssetVesi-hankkeessa on verkostojen kunnossapidon muuttaminen korjaavasta kunnossapidosta ennakkoivaan kunnossapitoon. Päätäkseen tähän on verkostojen kuntotietojen tarkkuuden parannuttava merkittävästi. Viemäriverkoston TV-kuvaukset antavat hyvää ja tarkkaa tietoa viemäriverkostojen putken sisäpuolisesta kunnosta ilman merkittäviä palvelukatkoksia asiakkaille. Vesijohdoverkostoa varten samanlaista kuntotietojen kartoittajaa ei ole kehitetty. Raportissa ehdotettiin ”älyputken” kehittämistä, joka kertoisi putken profiilin ja heikentyneet kohdansa. Tällaisen laitteen avulla olisi vaivatonta arvioida verkostojen kunnan kehittymistä ja kohdistaa saneeraukset oikeaan aikaan oikeaan kohteeseen. (VTT 2008)

Ruotsin malli vesihuoltoverkoston omaisuuden hallintaan

Ruotsin vesi- ja jätevesiyhdistys (Svenskt Vatten) on antanut ohjeet vesihuoltoverkoston saneerausten suunnitteluun. Ruotsissa verkostosaneerausten osuus on 0,5 % koko vesijohtoverkoston pituudesta ja 0,4 % jätevesiviemäriverkoston pituudesta. Ruotsissa on kaksi näkemystä siitä ovatko nämä tasot riittävät. Pitkän aikavälin tähtäimellä kyseiset saneeraustasot ovat aivan liian alhaiset, mutta samalla tämänhetkiset tunnusluvut näyttävät olevan tasapainossa. (Svenskt Vatten 2011)

Svenskt Vatten julkaisi kolmen raportin julkaisun ohjeistaakseen vesihuoltolaitoksiin pitkän aikavälin saneeraussuunnittelussa sekä helpottaakseen saneerauksen kohdentamista. Näiden lisäksi ohjeistuksessa neuvotaan analysoimaan ja tekemään johtopäätöksiä vuototietojen käsittelyssä sekä tasapainottelemaan kiireellisesti tehtävien kunnossapitotehtävien, suunniteltujen ylläpitotoimintojen ja saneerausten välillä. Oppaassa ohjataan myös vesihuoltolaitoksia löytämään omat keskittymiskohteensa. (Svenskt Vatten 2011)

Oppaassa on määritelty tunnusluvut, joita vesihuoltolaitosten tulisi seurata. Niille ei ole määritetty tavoitetasoja, jotta vesihuoltolaitokset eivät keskittyisi tavoittelemaan tiettyä tasoa vaan keskittyisivät tasapainottamaan tunnuslukunsa, kustannuksensa ja riskinsä sopivalle tasolle pitkällä aikavälillä. Seurattavia tunnuslukuja ovat esimerkiksi asiakasvalitukset tuhatta asiakasta kohden, putkivauriot (rikot ja vuodot) vesijohtokilometrillä ja viemäriverkoston tukoksien määrä verkostokilometrillä. Lisäksi kehoitetaan seuraamaan sekä vesijohtoverkoston että viemäriverkoston käyttö- ja ylläpitokustannuksia ja saneerattujen verkosto-osuuksien pituuksia verkoston kokonaispituuteen nähden. (Svenskt Vatten 2011)

Strategisessa omaisuuden hallinnassa annetaan neljä menetelmää saneerausten hallintaan. Ensimmäinen on saneeraus määrän arvioiminen verkoston keskimääräisen käytön perusteella. Tämä tarkoittaa että, jos verkoston käyttöä on arvioitu 100 vuotta, verkoston saneerausprosentti tulisi olla 1/100 eli 1 prosentti. Toinen menetelmä on saneeraustahdin arvioiminen toimintahäiriöiden mukaan. Sen toiminta perustuu saneerausten lisäämiseen, jos toimintahäiriötä tapahtuu verkostossa enemmän kuin on sallittu ja päinvastoin. Kolmantena strategisena menetelmänä on saneeraustarpeen määrittäminen aikaisempaan kokemukseen perustuen. Kolmannen periaatteen mukaan eri-ikäisten verkostojen saneeraustarve arvioidaan eri lähtökohtiin perustuen. Neljäntenä menetelmänä on saneeraustarpeen arvioiminen nykyisen verkoston ikärakenteen perusteella. Tässä oletetaan, että tulevaisuuden saneeraustarpeet ovat yhteydessä verkoston nykyiseen ikään ja verkoston materiaaliin. Tämä viimeinen lähestymistapa on yksinkertaistus KANEW-mallista. (Svenskt Vatten 2011)

Saneerausten kohdentamiseen Svenskt Vatten on kehittänyt myös neljä tapaa. Nämä kohdentamismenetelmät ovat vikataajuuteen, riskianalyysiin, kriteereihin ja kustannustehokkuuteen perustuva kohdentaminen. Svenskt Vatten:n Internet-sivuilla on saneeraustarpeen arvioimiseksi ja saneerausten kohdentamiseksi myös Excel-ohjelmia, jotka laskevat kyseisiä tunnuslukuja ja helpottavat näin vesihuoltolaitosten päätöksentekoa. Tulevaisuudessa Ruotsin vesihuoltoverkostojen saneerausinvestointien tulee kasvaa 50 prosentilla, jotta ne riittävät tuleviin saneeraustarpeisiin. (Svenskt Vatten 2011)

Svenskt Vatten:n menetelmistä voidaan ottaa mallia kehitettäessä saneerausten vaikuttavuuden arviointimittareita Suomen vesihuoltolaitoksille. Niitä ei kuitenkaan voida suoraan kopioida meidän vesihuoltolaitosten käyttöön vaan niitä on kehitettävä suomalaisille laitoksille sopiviksi.

KANEW

KANEW-malli on vesijohtoverkoston saneeraustarpeen ennustamismalli. Se on jaossa Internet:ssä AWWARF:n (American Water Works Association Research foundation) jäsenille MS Access -tiedostona. Malli arvioi haluttujen putkilinjojen käyttöiän putken iän, putkirikkotaajuuden ja maaperä olosuhteiden mukaan. Malli tekee laskennassa muutamia oletuksia. Yksi oletuksista on, että infrastruktuuri ja populaatio vanhenevat samaa tahtia. Lisäksi oletuksina ovat, että vikaantuvat elementit muodostavat vuosittaisen uusimistarpeen ja että saneeratut putket vastaavat uusia putkia, jolloin vanheneminen alkaa alusta. (Herz et Kropp 2002)

Putket jaotellaan eri ryhmiin rakentamisvuoden, materiaalin ja ympäristöolosuhteiden mukaan. Ryhmille muodostetaan käyttöikäfunktio, jotka kalibroidaan olemassa olevien tietojen perusteella. Funktioiden perusteella arvioidaan siten vuosittainen putkistojen uusimismäärä, joka muuttuu todennäköisyysjakauman mukaan. (Herz et Kropp 2002)

2.3.4 Vaikuttavuuden arviointi muilla aloilla

Tässä luvussa tarkastellaan vaikuttavuuden arviointia muiden alojen näkökulmasta. Näiden avulla haetaan uusia näkökulmia vesihuoltoverkostojen saneerausten vaikuttavuuteen arviointiin.

Kehitysavun vaikuttavuus

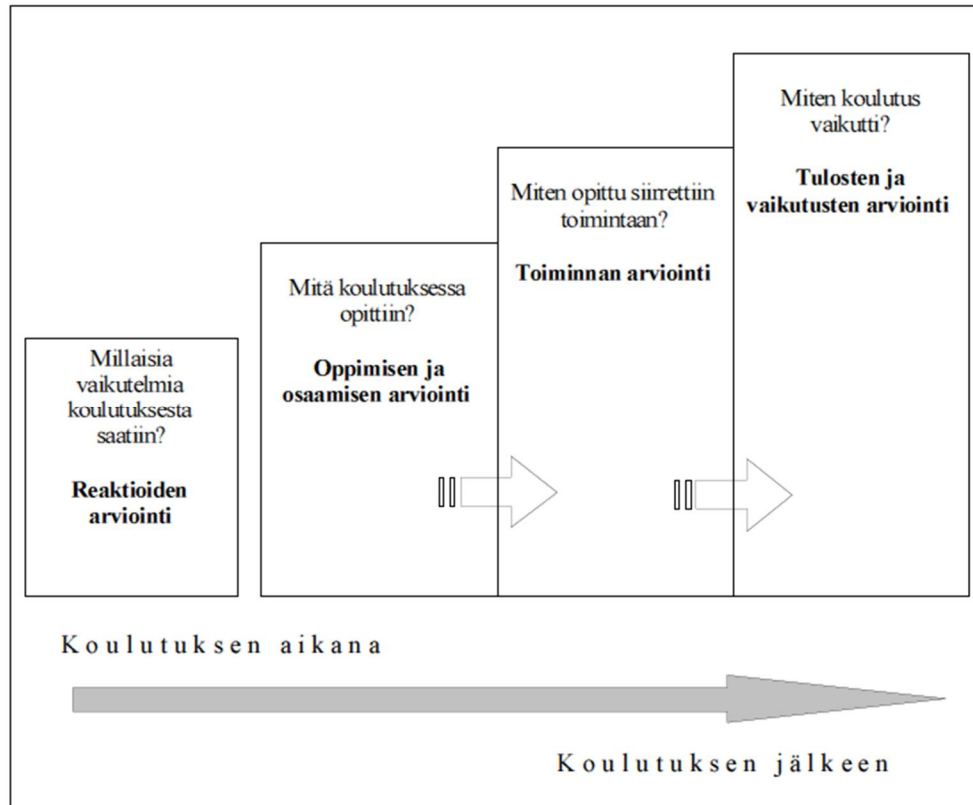
Neljän eri suomalaisen yliopiston tutkijat selvittivät neljän vuoden aikana, kohdistuuko kehitysapu oikeaan paikkaan ja saavutetaanko sijoitetuilla resursseilla hyötyjä kehitysapukohteissa. Kehitysapua saavia kyliä vertailtiin sellaisiin kyliin, jotka eivät saaneet apua. Vertailua tehtiin monella mittarilla muun muassa ruokakulutusindeksillä ja onko perheillä mahdollisuus ruokailla säännöllisesti. Lisäksi hankkeen yhteydessä perustettiin naisille omia ryhmiä ja lisättiin kyläläisten tietoa sairauksista ja sukupuolitaudeista. Neljän vuoden päästä mitattiin, mitä näillä muutoksilla saavutettiin. (Nyyssölä et al 2012)

Neljän vuoden jälkeen tuloksia oli nähtävissä. Ruokaturva parani etenkin köyhemmissä talouksissa ja naisten asema sekä hiv/aids-tietoisuus levisi kyläläisten keskuudessa. Elinolosuhteiden parantumisesta huolimatta saavutetut tulokset eivät olleet kovin suuria. Kehitykseen tarvitaan paljon aikaa ja oikeanlaisiin päätelmiin tarvitaan oikeanlaisia mittareita ja tutkimusmenetelmiä. Lisäksi jos tutkimustuloksia halutaan saavuttaa, tulee tutkijat ottaa mukaan kehitystyöprojektiin ennen sen aloittamista. Tuloksia on kuitenkin nähtävissä, vaikka välillä kehitys on hidasta, niin sen suunta on oikea. (Nyyssölä et al 2012)

Verkostojen saneerausten vaikuttavuuden arvioinnissa tilanne on samanlainen kuin kehitysavun vaikuttavuudessa. Saneerausten kohdentamisen tulee onnistua hyvin. Josain kohteissa tulokset näkyvät nopeammin kuin toisissa, mutta seurattavien mittareiden suunta on oikea, kun jatketaan suunniteltua toimintaa.

Koulutuksen vaikuttavuuden arviointi

Kirkpatrickin neljän askeleen malli on eniten käytetty arviointimalli työelämän koulutuksessa. Arvioinnin kohteina ovat reaktiot, oppiminen, ajattelun ja toiminnan muutokset sekä lopulliset tulokset. Jokaiselle askeleelle voidaan asettaa tulostavoite. Tulostavoitteiden saavuttamista arvioidaan sitten eri menetelmin. Kirkpatrickin koulutuksen arvioinnin tasot on esitetty kuvassa 1. (Mäkilä, T 2008)



Kuva 1 Koulutuksen arvioinnin tasot (Mäkilä, T 2008)

Arvioinnin tasot vaikeutuvat mentäessä vasemmalta oikealle. Koulutuksen jälkeen vaikutuksen arvioiminen on helppoa kyselemällä koulutuksessa olleiden mielipiteitä tai lukiessa saamaa kirjallista palautetta. Toisella portaalla oppimisen arvioinnissa pitää pystyä selvittämään, ovatko koulutuksessa olleet oppineet jotain. Tätä voidaan selvittää kokein ja testein. (Mäkilä, T 2008)

Seuraavaksi toiminnan muuttumisen arvioinnilla selvitetään, onko koulutuksessa opitut asiat otettu käyttöön työympäristössä vai onko palattu vanhoihin toimintatapoihin. Viimeisellä portaalla arvioidaan koulutuksella saavutetut tulokset ja vaikutukset sekä ilmoitetaan niistä eteenpäin. Koulutuksen vaikutukset eivät näy heti työskentelyta-voissa vaan muutos näkyy ajan kuluessa. (Mäkilä, T 2008)

Vesihuoltoverkostojen saneerausten vaikuttavuuden arvioinnissa voidaan ja tulee hyödyntää kaikkia edellä mainittuja vaikuttavuuden arvioinnin tasoja. Ne antavat eri näkökulmista tietoa saneerauksen onnistumisesta eri aikaväleillä. Niiden raportointi ja käsittely voi olla keskenään erilaista, mutta kaikki tuovat tietoa saneerauksen onnistumisesta. Sovellus saneerauksen vaikuttavuuden arvioinnin vaiheista voisi olla esimerkiksi seuraava:

1. Saneerauskohteen työn laadun arviointi.
Saneerauksen jälkeen arvioidaan työn laatu ja sen perusteella tehdä esiarviointi saneerauksen onnistumisesta.
2. Saneeraushankkeen välittömät vaikutukset tunnuslukuihin
Vesijohtosaneerauksen jälkeen arvioidaan, onko käytettävissä tunnusluvuissa nähtävissä muutosta. Onko vuotovesien määrä vähentynyt alueella tai onko veden laatu parantunut saneerauksen jälkeen?
3. Saneeraushankkeen keskipitkän ajan vaikutukset (2 - 5 v)
Jos veden laadussa, vuovesimäärässä tai putkirikoissa tapahtui heti saneerausten jälkeen suuntaus parempaan, niin onko trendi pysynyt samana vai muuttunut huonompaan pidemmän tarkastelujakson jälkeen?
4. Saneerauksen tulokset (5 - 10 v)
Saneerauksen saavutetut tulokset eivät ole näkyvissä heti saneerausten jälkeen vaan todennäköisesti tuloksia voidaan nähdä vasta vuosien päästä.

Asuntosprinklaus Suomessa - vaikuttavuuden arviointi

VTT:ssä on vuodesta 2006 asti ollut käynnissä hanke, jossa selvitetään voidaanko palokuolemien ja loukkaantumisten määrää Suomessa vähentää merkittävästi asutosprinklauksella. Työn tulokset esiteltiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa yritettiin selvittää asutosprinklauksen vaikuttavuutta aiemmin tapahtuneiden tulipalojen perusteella, mutta tulipaloista ei ollut saatavilla tarvittavaa määrää mitattavia tietoja, jotta arviointi olisi onnistunut. Suomessa tapahtuneiden tulipalojen vähäisistä materiaaleista johtuen käsiteltiin selvityksessä Yhdysvaltojen tilannetta. Aineistojen perusteella tutkittiin palovaroittimilla ja asutosprinklereillä saavutettuja etuja. Tutkimuksesta nähdään, että palokuolemat ovat vähentyneet palovaroittimien yleistyessä. Kuitenkaan niillä saavutetut hyödyt eivät ole niin suuria kuin voisivat olla, sillä osa taloissa olevista palovaroittimista eivät ole toimintakunnossa. Asutosprinklerien ansiosta todennäköisyys kuolla tulipalossa pienenee 50 - 75 %. Lisäksi omaisuusvahingot pienevät yhdellä tai kahdella kolmasosalla verrattuna tulipaloon kiinteistöissä, jossa ei ole sprinkleriä. Lisäksi sprinklatun alueen paloloukkaantumisia ja -kuolemia verrattiin samantyyppiseen alueeseen, jossa ei ollut sprinklereitä asunnoissa. Sprinklereillä varustetuissa asunnoissa ei tapahtunut yhtään palokuolemaan, vaikka tulipaloja tapahtui verrokkiryhmään verraten 5-kertaisesti ja loukkaantumisiakin vain kuudesosa. (Rinne et al. 2008)

Toisessa vaiheessa suoritettiin pilotoiteja, joiden perusteella arvioitiin sammutusjärjestelmien suorituskykyä kaasun lämpötilan, kaasupitoisuuksien ja savun tiheyden muutoksilla. Kokeiden perusteella kaikki sammutusjärjestelmät estivät yleissyttymisen koetilassa pudottamalla kaasulämpötilaa. Lisäksi ihmiselle haitallisia kaasuja ei esiintynyt myrkyllisiä määriä ja huoneesta poistumiseen tuli riittävästi aikaa. Näiden lisäksi työssä tarkasteltiin sprinklereiden kustannus-hyötysuhdetta pientalossa. Tulosten perusteella automaattinen sammutusjärjestelmä ei ole kustannustehokas, jos asennuskustannuksia saada pienennettyä huomattavasti. (Vaari et al. 2010)

Verkostosaneerausten vaikuttavuutta voidaan asuntosprinklauksen vaikuttavuuden arvioinnin tapaan arvioida jo tehtyjen saneerausten perusteella tai uusien hyvin suunniteltujen pilottikohteiden avulla. Vanhojen saneerauskohteiden arvioimisessa eteen tulevat mahdollisesti samat ongelmat tarvittavien mittaustietojen puuttuessa. Uusissa pilointikohteissa saneerausten vaikuttavuutta arvioitavat tunnusluvut on valittava huolellisesti ja suunniteltava mittausohjelma, jonka mukaan mittaukset suoritetaan ennen ja jälkeen saneerausten.

Yhdistettäessä nämä toimenpiteet edellä esitettyyn koulutuksen vaikuttavuuden arvioinnin mukaiseen neliportaiseen arviointimenettelyyn saadaan lopputulokseksi käytökelpoinen verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointityökalu.

3 AINEISTOT JA MENETELMÄT

3.1 VVY tunnuslukujärjestelmä

Tulosten ensimmäisessä luvussa tarkastellaan VVY:n keräämien tunnuslukujen perusteella, miten HSY sijoittuu Suomen vesihuoltolaitosten joukossa. VVY:n tunnuslukujärjestelmästä haetaan halutut tunnusluvut ja muodostetaan niistä kaksi tai kolme erilaista kuvaajaa riippuen tunnusluvusta. Tunnuslukujen avulla etsitään saneerausten vaikuttavuudelle sopivia ja hyvin kuvaavia mittareita. Suomessa ei ole mikään organisaatio määritellyt raja-arvoja tunnusluville, joiden avulla voisi arvioida, onko vesihuoltolaitoksen tunnusluku hyvä vai huono. Tässä työssä tehdään jaottelu Suomen vesihuoltolaitosten tunnuslukujen perusteella viiteen ryhmään, jonka perusteella vesihuoltolaitos voi vertailla, kuinka hyvään viidennekseen se kuuluu kyseisen tunnusluvun perusteella. Tähän otetaan mallia Ruotsin Svekst Vatten:n samanlaisesta jakaumasta. Lisäksi tunnuslukuja verrataan taulukoissa 1 ja 2 esitettyihin muiden maiden raja-arvoihin.

Ensimmäisessä kuvaajassa tarkastellaan vesihuoltolaitosten tunnuslukujen kehittymistä vuosien 2004 ja 2011 aikana. Kuvaajissa esitetään minimi-, maksimi- ja keskiarvokäyrät sekä HSY:n kehitys vuosien aikana. Toisessa kuvaajassa kuvataan vesihuoltolaitosten tunnusluvut vuodelta 2011. Viimeisessä kuvaajassa on verrattu HSY:n osalta, miten tarkasteltava tunnusluku kehittyy suhteessa saneerausmäärien muutoksiin. Tässä kuvaajassa esitetään sekä vuosittaiset mitatut arvot pisteinä että niiden perusteella määritetyt neljän vuoden lineaariset trendiviivat. Trendiviivat tasaavat vuosittaisia vaihteluita ja mittausrvirheitä.

HSY:n tunnuslukuja on koottu järjestelmää vasta vuodesta 2007 alkaen. Tätä ennen tiedot on listattu järjestelmään Espoon, Helsingin ja Vantaan osalta erikseen. Näiden kuntien tunnusluvut yhdistetään HSY:n tunnusluvuiksi vuosien 2004 - 2006 osalta. Espoon, Helsingin ja Vantaan tunnusluvut on listattu järjestelmään myös vuosien 2007 - 2009 ajalta. Näiden vuosien avulla määritetään jokaiselle kunnalle oma kerroin suhteessa HSY:n tunnuslukuun ja lasketaan siitä keskiarvo, jolla kerrotaan aiempien vuosien tunnusluvut kunnittain ja lasketaan yhteen. Tämä ei kuvaa täysin todellista tilannetta, mutta on kohtuullisen hyvä arvio.

Tarkasteltaviksi tunnusluvuksi valittiin työryhmäkokouksissa laskuttamattoman veden määrä suhteessa putkipituuteen ja vesijohtoverkostossa tapahtuneiden putkirikkojen suhteellinen määrä. Lisäksi tarkastellaan vesijohtoverkostojen uusiutumisaikoja. Se kuvaa, kuinka monta vuotta tämänhetkisellä saneeraustahdilla kuluisi, kunnes verkosto olisi kokonaisuudessaan saneerattu. Jätevesiviemäriverkoston osalta tunnusluvut ovat jätevesiviemäriin sisään vuotava vesimäärä ja viemäreissä tapahtuneiden tukosten lukumäärä. Kyseiset tunnusluvut valittiin tarkasteltaviksi, koska VESA-työryhmä oli määritellyt ne seurattavien tunnuslukujen listalle ja niitä tunnuslukuja voidaan vertailla HSY:n verkkotietojärjestelmistä kerättyjen tietojen perusteella.

3.2 Vaikuttavuuden arviointi olemassa olevien datojen pohjalta

3.2.1 Vesijohtoverkosto

Yhtenä tärkeimpänä tapana lähestyä verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointia on vanhojen saneerausten vaikuttavuuden todentaminen. Työssä käsitellään neljää eri kokonaisuutta, joista kolme on vedenjakeluverkoston saneerauskohteita ja yksi viemäriverkoston saneerauskohde. Vedenjakeluverkoston kohteiksi valittiin Kulosaari, Lauttasaari ja koko Vantaan verkosto sekä viemäriverkostossa Espoon Lintuvaaran alue.

Kulosaassa tehtiin aluesaneerausta vuonna 2007, jolloin koko alueen vesijohtoverkostot betonoitiin. Betonoinnin yhteydessä alueen verkoston sulkuventtiilit uusittiin. Betonointi oli valittu saneerausmenetelmäksi alueen vesijohtoveden huonolaatuisuuden takia. Lauttasaaren vesijohtoverkosto betonoitiin myös lähes koko alueen laajuudelta, mutta saneeraus tehtiin useamman vuoden aikana. Näiden kohteiden osalta tarkastellaan, minkälaisia vaikutuksia betonoinnilla saadaan aikaan. Tarkasteltavat mittarit ovat veden laadun kehittyminen, saneerauksia ennen ja jälkeen tapahtuneiden putkirikkojen suhteellinen lukumäärä sekä vuotovesimäärät. Vantaan osalta suurin osa saneerauksista on tehty auki kaivamalla maaperän aggressiivisuuden takia. Maaperän korrodoivan vaikutuksen takia vesijohdot syöpyvät ulkoapäin, jolloin Vantaalla päädytty valitsemaan pääasialliseksi saneerausmenetelmäksi aukikaivu.

Edellä esitettyjen saneerauskohteiden vaikuttavuuden arvioimiseksi käytetään HSY:n verkkotietojärjestelmistä saatavissa olevia tietoja. Pääkaupunkiseudun vesihuoltolaitoksien yhdistäminen tuotti ongelmia datan keräämisessä. HSY:n syntyessä osa tietojärjestelmistä on hiljalleen muutettu, joka on aiheuttanut vanhojen tiedostojen katoamista. Lisäksi henkilöstön vaihtuvuus niin HSY:n sisällä kuin ulkopuolellekin on aiheuttanut datan keräämisen heikentymistä. Vantaalta on kuitenkin saatavissa runsaasti hyvälaatuista dataa, jonka pohjalta analyysia suoritetaan.

Veden laatutuloksia vertaillaan sameuden, sähkönjohtavuuden, pH ja kloorin osalta. Tehdyt analyysitulokset asetetaan kuvaajaan pisteinä ja niiden kautta sovitetaan lineaarinen suora. Tämän suoran perusteella tarkastellaan veden laadun kehittymistä. Lineaarisen suorasovituksen lisäksi tuloksia verrataan Sosiaali- ja terveysministeriön asettamiin talousveden laatuvaatimuksiin ja -suosituksiin. Nämä vaatimukset on esitetty talousvesiasetuksessa. Sameuden ja maun osalta HSY on asettanut talousvesiasetuksen arvoja tiukemmat rajat. Muuten raja-arvot ovat talousvesiasetuksessa määritettyjen arvojen mukaiset. HSY:n käyttämät raja-arvot on koottu seuraavaan taulukkoon.

Taulukko 4 HSY:llä seurattavien laatumittareiden raja-arvot

Analyysi	Enimmäispitoisuus
sameus	0,35 FTU
pH	yli 9,0 tai alle 6,5
sähkönjohtavuus	< 2 500 µS/cm
Rauta	200 µg/l
Mangaani	50 µg/l
Koliformiset bakteerit	< 1 mpn/100 ml
E. coli	< 1 mpn/100 ml
Maku, kynnsarvo	2

Verkostoveden laatuun vaikuttavat vesijohtoverkoston kunnon lisäksi vesilaitokselta lähtevän talousveden laatu ja verkoston hydrauliset olosuhteet. Hydrauliseksi olosuhteiksi luetaan veden virtaus ja viipymä sekä verkostossa tapahtuvat paineiskut. Nämä vaihtelevat verkostossa vuorokauden- ja vuodenaikojen mukaan muuttaen samalla verkostoveden laatua. Muutokset vaikuttavat verkoston korroosioon ja putkien pinnoille kehittyvien mikrobien kasvuun sekä materiaalien mekaaniseen kestoon ja kerrostumien syntymiseen ja irtoamiseen pinnoilla. Nämä muutokset kuvaavat hyvin myös verkoston kuntoa. (Vesi-Instituutti 2007)

HSY:n veden laatuun vaikutti oleellisesti Päijänne-tunnelin korjaus vuonna 2008. Tällöin raakavesi otettiin Vantaanjoesta. Tämä ajanjaksona vesilaitoksilta lähtevän veden laatu on huomattavasti heikompi ja tämän vuoden laatutulokset jätetään tarkastelun ulkopuolelle. Veden laatuun vaikuttavat myös verkostossa aloitetut ja lopetetut juoksutukset. Juoksutuksilla verkostovesi saadaan vaihtumaan umpiperäisissä vesijohdoissa, jolloin laatu kyseisissä verkosto-osuuksissa paranee.

HSY:llä on tämän työn kanssa samaan aikaan käynnissä tarkastelu, jossa arvioidaan, miten veden laatu vaihtelee verkostossa eri vuorokauden- ja vuodenaikojen välillä. Munkkiniemenrannan päätyvästä vesijohdosta mitataan jatkuvatoimisella mittarilla veden laatuvaihteluja. Mittauksia suoritetaan eri vuodenaikoina. Tässä työssä tarkastellaan touko-kesäkuussa tehtyjen mittausten perusteella talousveden vuorokautisia laatu- vaihteluita.

Saneerausten vaikuttavuutta tarkastellaan veden laadun lisäksi veden kulutuksen kehittämisessä. Vaikuttavuutta analysoidaan vertaamalla saneerauksia ennen ja jälkeen mitattujen kulutusten eroja Kulosaaren alueella. Veden kulutusta verrataan vuoden 2011 keskimääräisiin laskutettuihin vesimääriin. Lisäksi tarkastellaan yökulutuksia saneeraustapahtuman molemmin puolin ja arvioidaan nykyisen yökulutuksen perusteella paljonko alueen saneeratut verkostot vuotavat. Riippuen vertailuajankohtien aikavälistä ja mittausalueen laajuudesta kulutuksiin voi vaikuttaa monet muutkin tekijät. Näitä tekijöitä ovat yleinen vedenkulutuksen muuttuminen, verkostossa tehtyt ohjaustapamuutokset, muualla tehtyt saneeraukset sekä korjatut isot vuodot, alueella tehtyt juoksutukset, huuhtelut tai paloveden käyttö.

Vesijohtoverkoston vuotavuusindeksi (ILI-luku) kuvaa parhaiten verkoston vuotavuutta, mutta tässä työssä ei käytetä sitä saneerausten vaikuttavuuden arvioinnin mittarina. Vuotavuusindeksi on kehitetty lähinnä eri vesihuoltolaitosten väliseen vertailuun eikä siten sovellu hyvin pienten alueiden vaikuttavuuden arvioimiseen. Tämän perusteella päädyttiin tarkastelemaan vuotovesien kehitystä perinteisten tunnuslukujen pohjalta. Yksikköinä käytettiin vuotoprosenttia ja vuotovesimäärää verkostokilometriä kohden vuodessa.

Raportissa tutkitaan myös putkirikkojen käyttäytymistä saneerausten vaikutuksesta. Putkirikkojen suhteellisen lukumäärän muutosta tarkastellaan vertaamalla edellisenä vuonna tehtyjen saneerausten vaikutuksia seuraavan vuoden putkirikkojen suhteelliseen lukumäärään. Lisäksi arvioidaan putkirikkojen avulla, kuinka kauan verkoston tulisi olla saneeraamatta, jotta saneeraukseen investoidut rahat tulisi säästetyksi putkirikkojen korjaamiskustannuksissa. Tätä selvitettiin Svenskt Vatten kehittämän yhtälön avulla, jonka mukaan putkirikkojen määrä muuttuu suhteessa putken ikään. Putkirikkojen kehitykseen vaikuttavat putken iän lisäksi putken koko ja maaperä, johon putki on asennettu. Putken koon ja asennusmaaperän mukaan valitaan tarkasteltavalle osuudelle kasvukerroin, jonka arvo vaihtelee 0,34 - 0,6 välillä. Näiden perustietojen lisäksi tulee olla selvillä putken tämänhetkinen putkirikkotaajuus. Näiden perusteella voidaan määrittellä vesijohtossa tapahtuvien putkirikkojen määrä haluttuna vuotena. Yhtälö on kuvattu seuraavassa. (Svenskt Vatten 2011)

$$N_t = N_0 * e^{A * t_p} \quad (1)$$

Yhtälössä 1 N_t kuvaa putkirikkotaajuutta tarkasteltavan vuoden päästä, N_0 kuvaa putkirikkojen määrää kyseisellä hetkellä, A on arvioitu kasvukerroin ja t_p kuvaa aikaa vuosissa. (Svenskt Vatten 2011)

Vantaan vesijohtoverkoston saneerausten vaikuttavuutta arvioidaan tarkemmin painepiirikohtaisesti. Lisäksi tarkastelua tehdään koko Vantaan vesijohtoverkoston osalta, kun vertaillaan saneerattuja vesijohto määriä nykyiseen verkostopituuteen sekä paljonko eri maalajeissa on tehty saneerauksia ja tapahtunut putkirikkoja. Painepiirikohtaisesti tarkastellaan, miten tehty saneeraus vaikuttaa seuraavan vuoden verkostoon pumppattavaan vesimäärään, vuotoprosenttiin ja putkirikkoihin.

3.2.2 Jätevesiviemäriverkosto

Jätevesiviemäriverkoston saneerausten vaikuttavuutta arvioidaan tutkimalla saneerattujen alueiden pumppaamotietoja. Tarkastelukohteeksi valittiin Espoon Laajalahdessa olevan Kirvuntien pumppaamon valuma-alueen jätevesiviemäriverkosto. Jäteveden pumppaamon pumppaustietoja tarkastellaan ennen ja jälkeen saneerausten. Tarkastelussa otetaan huomioon myös alueen sääolot tarkasteluajankohtina. Tärkeimmät jätevesiviemärien vuotovesiin vaikuttavat säätiedot ovat sademäärä ja lumipeitteen sulamisajankohta.

Jätevesiviemärien vuotovesien suuruutta tarkastellaan myös Suomen Ympäristökeskuksen (Syke) Viemärit 2020 -projektissa kehitetyn vuotovesikertoimen avulla. Vuotovesikerroin on kehitetty jätevedenpuhdistamojen vuotovesien kehityksen vertailuun,

mutta se soveltuu myös yksittäisten jätevedenpumppaamojen tarkasteluun. (Suomen Ympäristökeskus. 2011)

Vuotovesikerroin saadaan vertaamalla pumppaamon vuoden korkeinta kahdeksan viikon peräkkäistä ajanjaksoa Q_{\max} vuoden pienimpään neljän viikon ajanjaksoon Q_{\min} . Tämä perustuu siihen, että neljän viikon minimijakso eli niin sanottu kuivan ajan virtaama kuvaa parhaiten tilannetta, jolloin pumppaamolle tulee ainoastaan jätevettä eli sitä tilannetta, kun vuotovedet ovat minimissä. Kahdeksan viikon maksimitilanteen keskiarvovirtaamaa verrataan tähän minimitalanteen virtaamaan ja tulokseksi saadaan vuotovesikerroin N_{\max} . Vuotovesikerroin kertoo, kuinka paljon ylimääräistä vuotovettä pääsee jätevesiverkostoon. (Suomen Ympäristökeskus. 2011)

Syke on antanut projektissa myös tavoitearvot, joihin jätevedenpuhdistamojen tulisi päästä vuoteen 2020 mennessä. Suurille yli 10 000 asukkaan jätevedenpuhdistamojen vuotovesikertoimen tulisi olla alle 1,5:n ja pienempien puhdistamojen tulisi päästä arvoon 2,5 tai 2,0. (Suomen Ympäristökeskus. 2011)

3.3 Asiakaskysely

Saneerausten vaikuttavuuden arviointiin päätettiin työryhmäkokouksissa ottaa mukaan myös asiakasnäkökulma. Asiakaskyselyllä pyritään selvittämään, onko saneerauksilla saavutettava hyöty suurempi kuin saneerauksista aiheutuvat haitat.

Asiakaskysely toteutettiin Munkkiniemenrannan alueella, jossa saneerataan vedenjakeluverkostoa vuoden 2012 lopun ja vuoden 2013 aikana. Alueella on todettu olevan huono verkosto veden laatu ja matalia verkostopaineita. Vuoden 2012 kevään ja syksyn aikana alueella tehdään jatkuvatoimisia laatumittauksia. Laatumittauksilla varmistetaan oletamus huonosta veden laadusta. Veden laadun oletetaan vaihtelevan alueen sisällä siten, että Munkkiniemenrannan kärjessä on huonoin veden laatu. Kyseinen vesijohto on päättävä vesijohto ja siitä suoritetaan säännöllisiä juoksutuksia. Vedenlaatu paranee tultaessa kohti sisämaata, missä veden vaihtuvuus on parempaa.

Kysely toteutettiin yhteistyössä Innolink:n kanssa, joka on HSY:n asiakaspalvelun yhteistyökumppani. Asiakaskyselyn kysymykset suunniteltiin yhdessä HSY:n työryhmän ja Innolink:n kanssa. Asiakaskyselyn ensimmäinen vaihe suoritettiin syyskuussa 2012 puhelinhaastatteluna. Alueella asuu noin 2 600 kuluttajaa, joista haastateltiin noin 200 henkilöä. Kyselyssä Munkkiniemenrannan alue jaettiin neljään osaan veden laadun mukaan. Munkkiniemenrannan päässä veden laatu on erityisen huono ja sieltä kohden Laajalahdentietä veden laatu sekä paineet paranevat. Tällä alueella haetaan tietoa siitä, kokevatko asiakkaat veden laadunvaihtelut samanlaisiksi kuin HSY.

Kysely toistetaan saneerausten jälkeen vuoden 2013 lopussa. Tällöin yritetään saada vastausprosentiksi 50, kun puhelinhaastattelu toistetaan samoille asiakkaille kuin ensimmäisessä osassa. Kyselyn perusrunko on sama molemmissa kyselyissä, mutta toiseen vaiheeseen lisätään kysymyksiä tehdyistä saneerauksista.

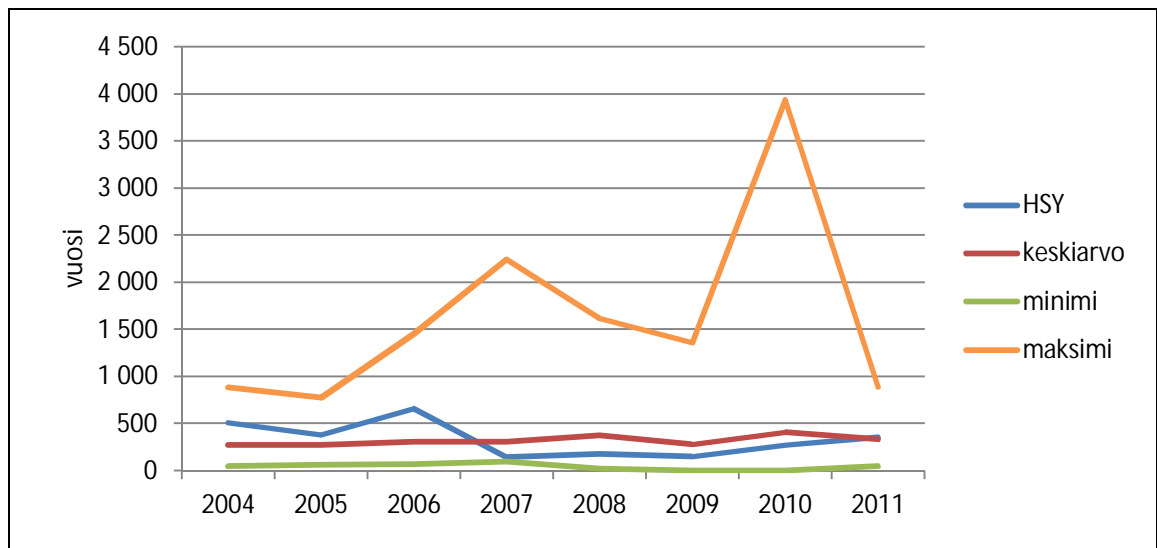
4 TULOKSET

4.1 VVY-tunnuslukujärjestelmä

VVY:n tunnuslukujärjestelmän avulla haetaan apuvälineitä saneerausten vaikuttavuuden arviointiin. Tunnuslukujen perusteella arvioidaan HSY:n vesihuoltoverkoston kehitystä ja nykytilaa.

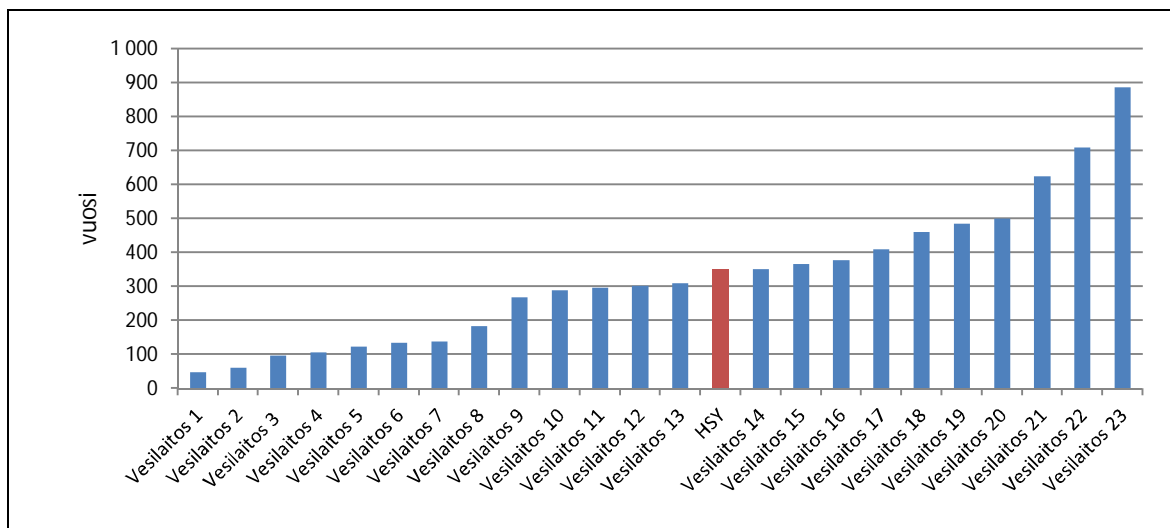
4.1.1 Vesijohtoverkoston uusiutumisaika

Vesijohtoverkoston uusiutumisaika vaihtelee Suomen vesihuoltolaitoksilla paljon ja erityisesti uusiutumisajan maksimiarvo on viimeisten vuosien ajan ollut todella korkealla. Kuvaan 2 on kerätty VVY:n aineistosta vesihuoltolaitosten vesijohtoverkoston uusiutumisajan kehitystä kuvaavat arvot 2000-luvulla.



Kuva 2 Vesijohtoverkoston uusiutumisajan kehitys Suomen vesihuoltolaitoksilla

HSY:n verkoston uusiutumisaja on 2000-luvun puolen välin jälkeen ollut Suomen keskiarvoa matalammalla, mutta käyrä on viime vuosina lähtenyt nousemaan. Kuvasta 3 nähdään tarkemmin HSY:n tilanne vuoden 2011 osalta.



Kuva 3 Vesijohtoverkoston uusiutumisaika vesihuoltolaitoksilla v. 2011

Vuosittainen tarkastelu ei anna kehityksestä oikeaa kuvaa, sillä vuosittain vesihuoltolaitoksilla on voitu kohdentaa resursseja muihin kuin vedenjakeluverkoston saneeraukseen. Tämän vuoksi vesijohtoverkoston uusiutumisaikaa tarkasteltiin kolmen vuoden keskiarvoina muutamien VVY:lle tietonsa toimittamien vesihuoltolaitosten osalta. Taulukosta 5 nähdään, että Vesilaitosten 1 - 4 osalta verkoston uusiutumisaika on kahden viimeisen kolmivuotisjakson aikana ollut alle 150 vuoden. Vesilaitoksilla 6 ja 7 ensimmäisen kolmivuotisjakson keskiarvo oli lähellä 150, mutta vuosien 2009 - 2011 keskiarvo on yli 250 vuotta. HSY:n arvo on tässä vertailussa keskiarvolla huonommalla puolella. Ensimmäisen ajanjakson keskiarvo oli 325 vuotta ja toisen 258. Hyvää HSY:n vertailuarvoissa on kuitenkin se, että vesijohtoverkoston uusiutumisaika on pienentynyt lähes 70 vuotta näiden vertailujaksojen välillä. Vertailuarvot on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5 Vesijohtoverkoston uusiutumisaika kolmen vuoden keskiarvona

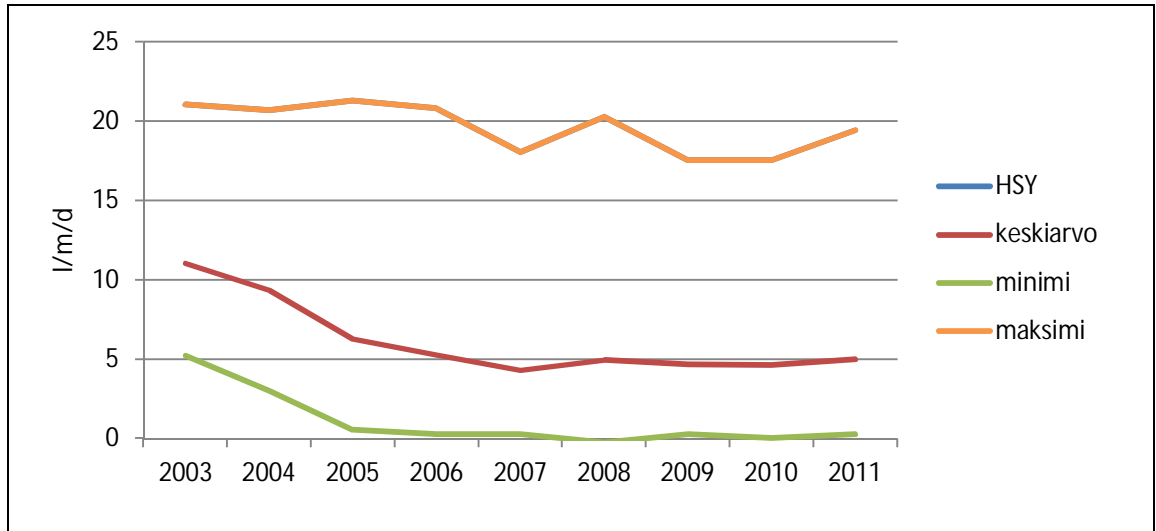
	Vesilaitos 1	Vesilaitos 2	Vesilaitos 3	Vesilaitos 4	Vesilaitos 5	HSY	Vesilaitos 6	Vesilaitos 7	Vesilaitos 8
2006 - 2008	101	74	110	150	322	325	154	159	276
2009 - 2011	102	109	116	138	227	255	258	260	597

HSY:n saneeraustahdilla koko vedenjakeluverkoston saneeraukseen menee aikaa noin 255 vuotta. Vesijohtoverkoston keskimääräisen poistoajan ollessa noin 40 vuotta, tarkoittaa tämä, että verkoston keski-ikä tulee kasvamaan merkittävästi seuraavien vuosikymmenien aikana, jos saneeraustahtia ei kasvateta.

4.1.2 Laskuttamattoman veden määrä suhteutettuna verkoston pituuteen

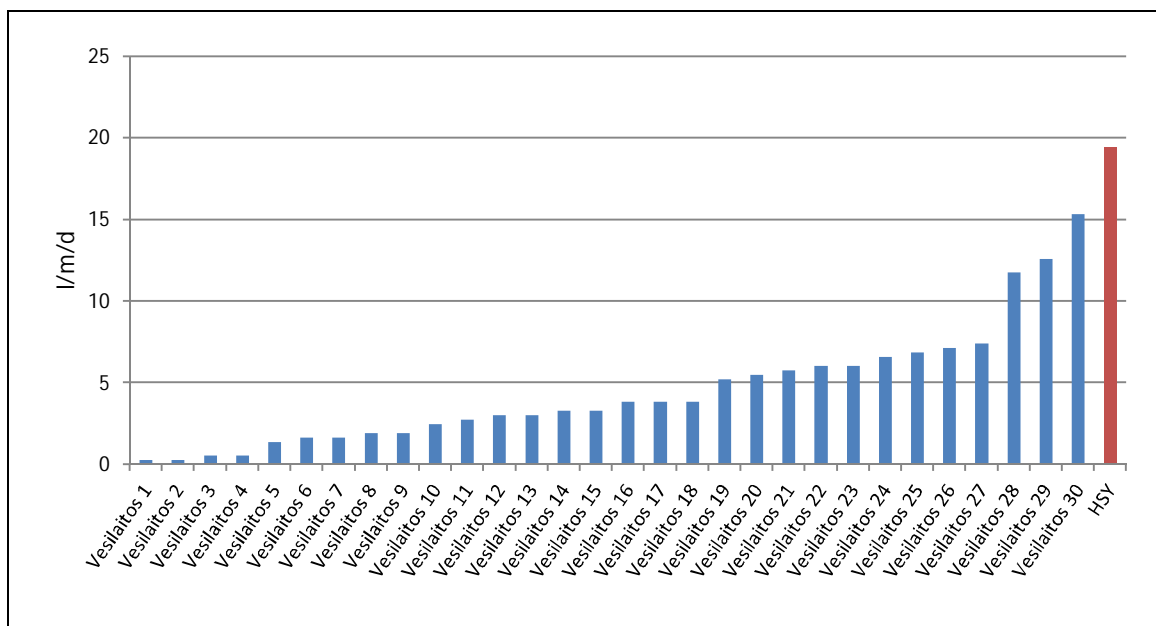
Laskuttamattoman veden määrä suhteutettuna verkostopituuteen kuvaa muun kuin laskutetun veden osuutta verkostoon pumpatusta vesimäärästä. Tätä selittää suurelta osalta verkostosta ulos virtaavat vuotovedet. Kuvassa 4 on esitetty Suomen vesihuoltolaitosten ääriarvoja sekä HSY:n tunnusluvun kehitys vuosittaisista laskuttamattomista vesimää-

ristä 2000-luvulla. HSY:n tunnusluvun arvo on VVY:n järjestelmässä mukana olevista laitoksista korkein ja kulkee kuvassa 4 päällekkäin maksimikäyrän kanssa.



Kuva 4 Laskuttamattoman veden kehitys vesihuoltolaitoksilla

HSY:n korkea arvo selittyy osaksi pääkaupunkiseudun laajemmasta verkostorakenteesta verrattaessa HSY:tä muihin Suomen vesilaitoksiin. HSY:n toiminta-alue on tiiviisti rakennettu ja vedenkulutus alueella on suurta. Vedenjakeluverkostossa ei ole pitkiä siirtolinjoja, jotka laskisivat tunnuslukua. Kuvassa 5 on esitetty tilanne vesihuoltolaitoksittain vuodelta 2011.

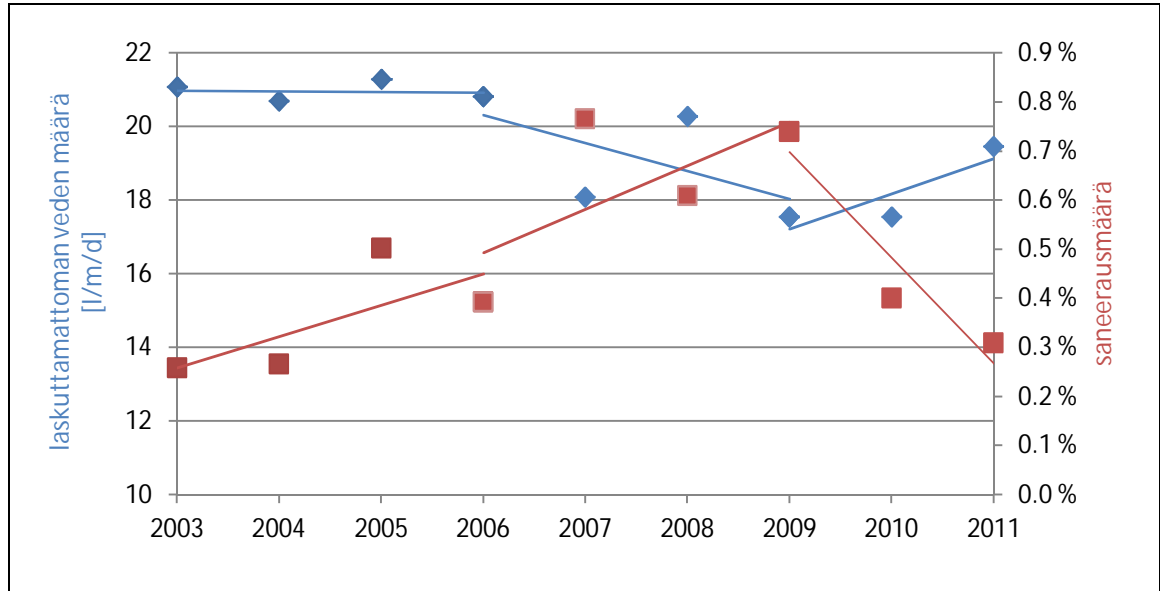


Kuva 5 Laskuttamattoman veden määrä suhteutettuna putkipituuteen vesihuoltolaitoksilla v. 2011

Kuvasta 5 nähdään, että HSY:n laskuttamattoman veden määrä on noin 5 l/m/d suurempi kuin toiseksi huonoimmalla sijalla olevalla vesihuoltolaitoksella. Neljä huonointa vesihuoltolaitosta eroaa selvästi muista vesihuoltolaitoksista. Pienimmät laskuttamattoman veden määrät suhteutettuna putkipituuteen on pienillä vesihuoltolaitoksilla. Näillä

vesilaitoksilla on yleisesti ottaen pitkät välimatkat verkoston eri osilla ja johdettava vesimäärä ei ole kovin suuri.

Vesijohtoverkostojen saneerauksen vaikuttavuutta laskuttamattoman veden määrään HSY:llä on kuvattu alla olevassa kuvassa 6. Vuosittaista vaihtelua on tasattu lisäämällä lineaariset trendiviivat neljän vuoden arvojen perusteella.



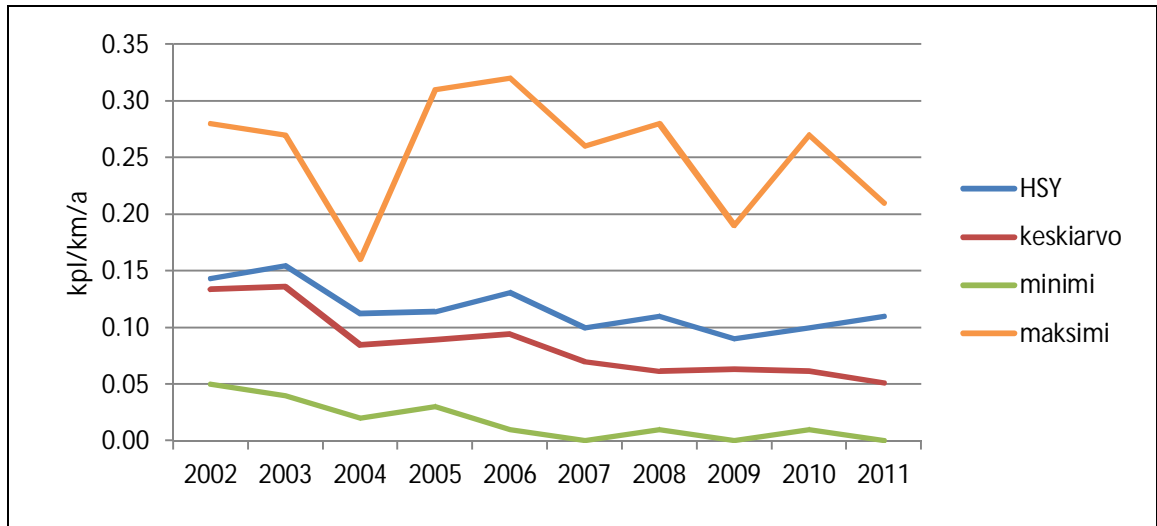
Kuva 6 Saneeraus määrän vaikutus laskuttamattoman veden määrään

Kuvasta 6 nähdään, että saneerausten ollessa alle 0,5 % vuosien 2003 - 2006 vedenjakeluverkoston kokonaispituudesta laskuttamattoman veden määrä ei muutu, vaikka saneeraus määrät ovat kasvaneet. Saneeraus määrän saavuttaessa noin 0,6 % laskuttamattoman veden määrä alkoi laskea. Saneerauksien vähentyessä jälleen alle 0,5 % myös laskuttamaton vesi kääntyi nousuun. Tämän kuvaajan perusteella laskuttamattoman veden määrän eli vuotovesiprosentin avulla voidaan arvioida saneerausten vaikuttavuutta.

On kuitenkin huomattava, että laskuttamattomaan veteen vaikuttavat saneerausten ohella myös muut tekijät. Tällaisia tekijöitä ovat vesihuoltolaitoksen oma vedenkäyttö sekä vapaaposteista otettu sammutusvedenotto.

4.1.3 Vedenjakeluverkoston putkirikot

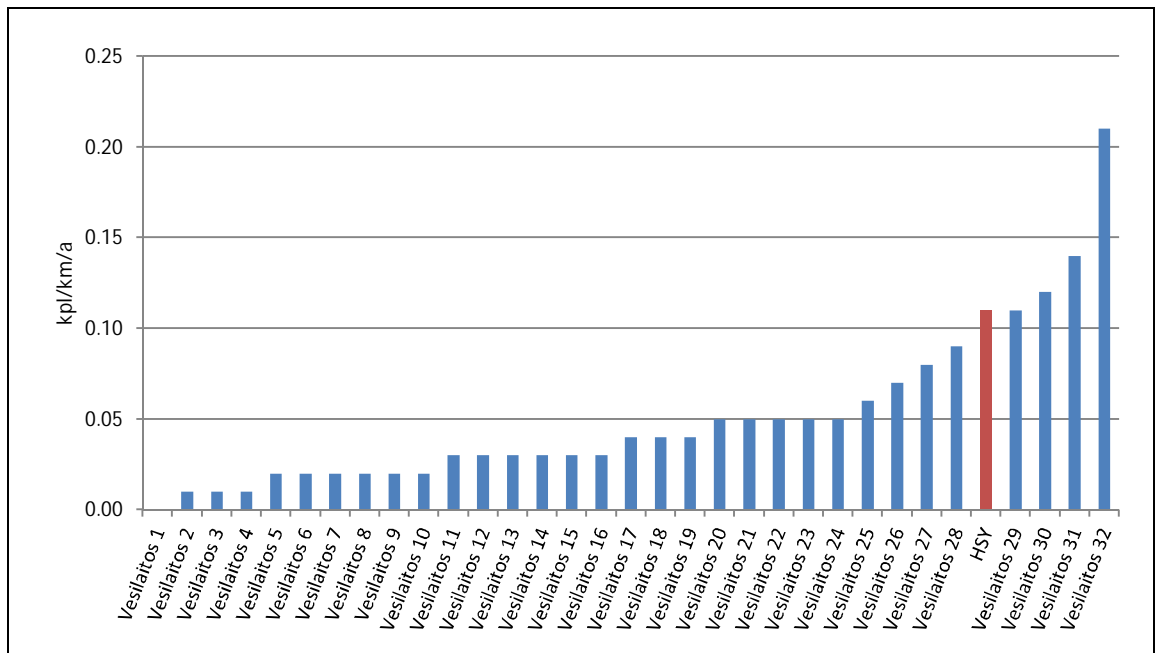
VVY:n tunnusluvuissa putkirikkoja verrataan vedenjakeluverkoston kokonaispituuteen. Suomen vesihuoltoverkostojen putkirikkojen raja-arvoja on kuvattu kuvassa 7. Kuvasta nähdään, että Suomen vesihuoltolaitosten vedenjakeluverkostoissa on tapahtunut viime vuosina keskimäärin noin 0,05 putkirikkoa jokaista kilometriä kohden vuodessa. HSY:n arvo on koko 2000-luvun ollut keskiarvoa korkeammalla tasolla.



Kuva 7 Putkirikkojen määrän vertailu 2000-luvulla

Verrattaessa HSY:n arvoja luvussa 2 esitettyihin Tanskan ja Saksan määrittämiin raja-arvoihin, niin Tanskan määritelmien mukaan (alle 0,2 kpl/km/a) HSY arvo on ollut hyvä koko tarkastelujakson ajan ja viime vuosina arvo on ollut lähellä Saksan hyvää arvosanaa (alle 0,1 kpl/km/a).

Kuvassa 8 on kuvattu eri vesihuoltolaitosten putkirikkojen tapahtumistaajuudet vuodesta 2011.

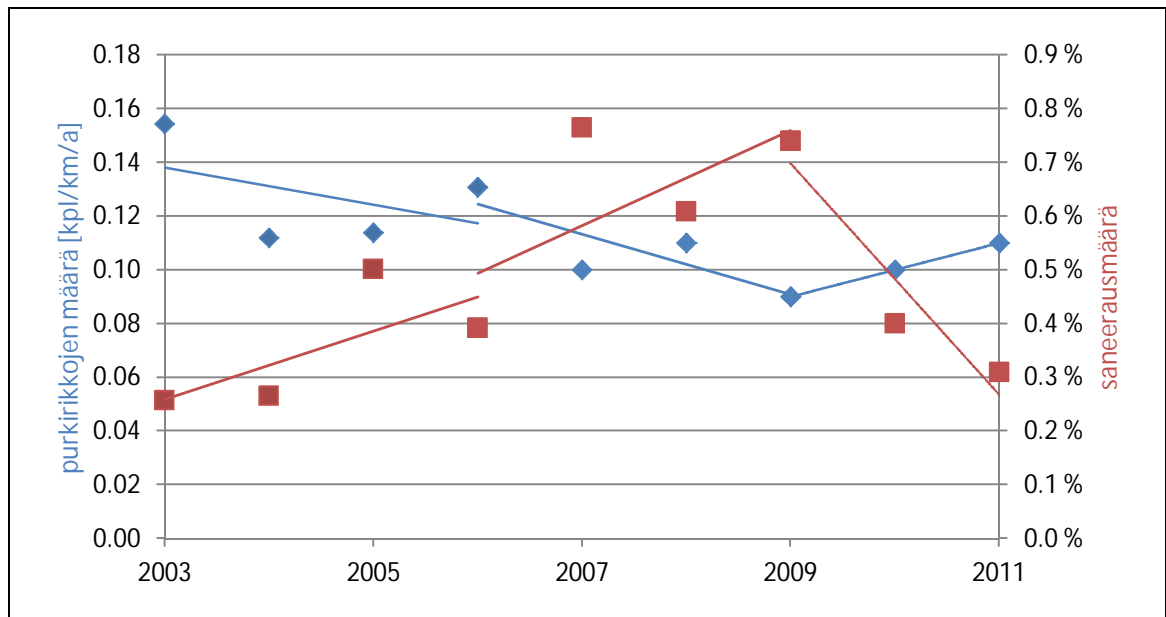


Kuva 8 Putkirikkojen määrät vuodessa vuonna 2011

Putkirikkojen määrään vaikuttaa oleellisesti putkirikkojen kirjaustapa. Tässä luvussa esitetyt arvot perustuvat VVY:n keräämiin perustietoihin. Toiset vesihuoltolaitokset kirjaavat ylös pelkästään heidän omistuksessa olevissa vesijohdoissa tapahtuneet putkirikot, toiset ilmoittavat myös tonttijohdoissa havaitut putkirikot ja kolmannet ilmoittavat venttiilien vuodot putkirikoiksi kun toiset taas ei. Pääsääntöisesti HSY:llä putkirikot kirjataan vuotoraporttien perusteella verkkotietojärjestelmään ja nämä tiedot toimitetaan

VVY:lle. HSY:n sisällä on kuitenkin mahdollista, että eri käytäntöjä esiintyy vuotora-porttien kirjaamisessa, joten HSY:n tapakaan ilmoittaa putkirikot ei ole täysin selvä.

Kuvassa 9 on esitetty HSY:n putkirikkojen kehitys suhteessa vedenjakeluverkoston sa tehtyihin saneerausmääriin.

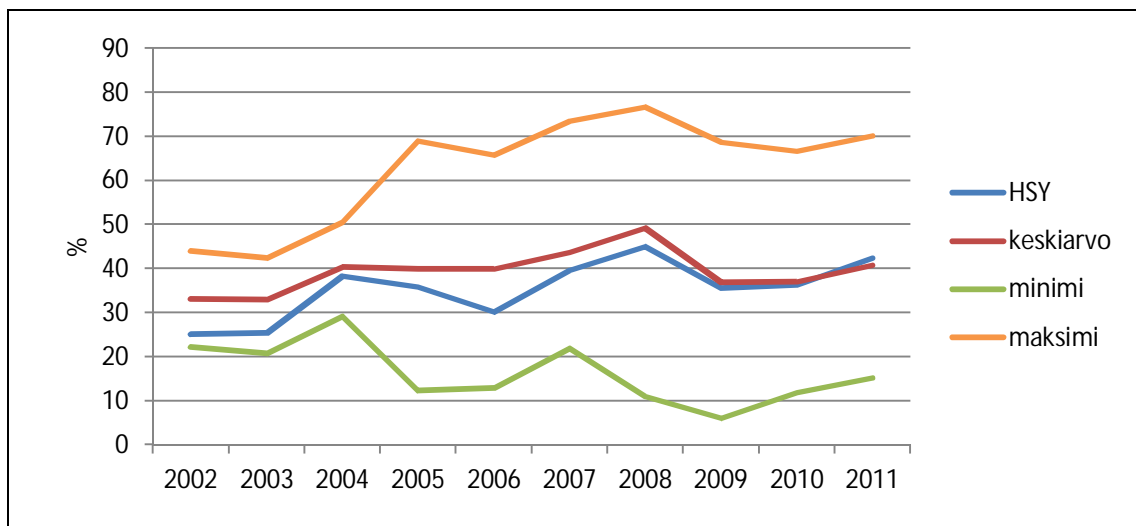


Kuva 9 Saneeraus määrän vaikutus putkirikkojen määrä kehitykseen

Mitattujen arvojen mukaan asetettujen neljän vuoden trendiviivojen perusteella nähdään, että verkostosaneerauksien käyttäytyminen on kääntäen verrannollinen putkirikkojen määrään. Saneeraus määrän kasvaessa putkirikkojen lukumäärä verkostopituutta kohden vähenee ja vuoden 2009 jälkeen saneerausten vähentyessä putkirikot HSY:n alueella lähtivät nousuun. Tämän perusteella putkirikkojen määrän seuranta on hyvä tunnusluku saneerausten vaikuttavuuden arviointiin vedenjakeluverkoston osalta.

4.1.4 Jätevesiviemärien vuotovesimäärä

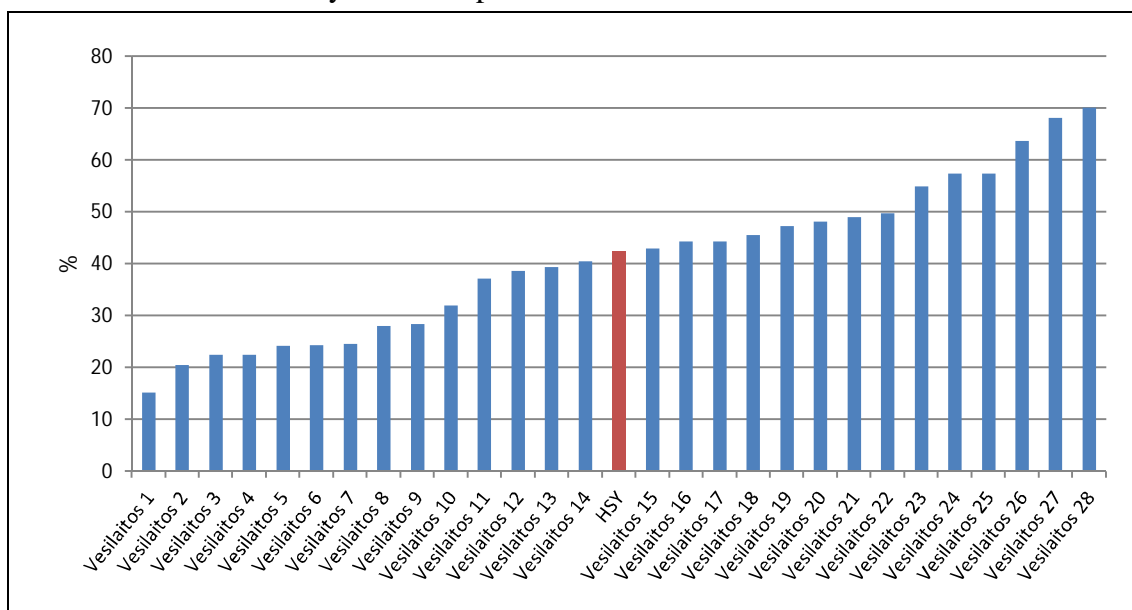
Jätevesiviemärien vuotovesimäärää kuvataan VVY:n järjestelmässä vertaamalla jätevedenpuhdistamolle tulevaa laskuttamattoman jäteveden suhdetta viemäriin johdettavaan kokonaisvesimäärään. Tunnusluvusta ei ole eritelty erikseen jäte- ja sekavesiviemäreitä. Kuvassa 10 on kuvattu vuotovesien vaihtelua eri vesihuoltolaitoksilla tämän vuosikauden aikana.



Kuva 10 Jätevesiviemärien vuotovesimäärien kehitys 2000-luvulla

HSY:n tunnusluku on koko tarkastelujakson ajan ollut keskiarvon alapuolella. Vuosien 2009 - 2011 aikana HSY:n vuotoprosentti on kasvanut ja saavuttanut keskiarvo-käyrää. Yleisesti kuvan 10 perusteella voidaan sanoa, että vuotovesimäärien erot eri vesihuoltolaitosten välillä ovat kasvaneet, sillä minimi- ja maksimikäyrien välinen ero on kasvanut 2000-luvun alusta.

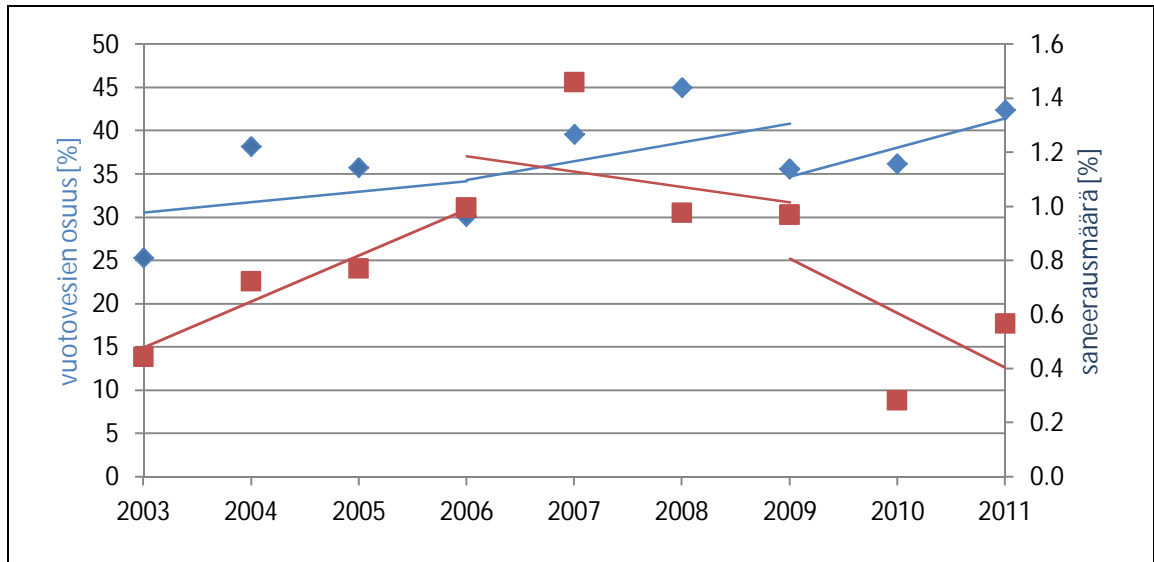
Kuvassa 11 on esitetty vuotovesiprosentit eri vesihuoltolaitoksilta vuodelta 2011.



Kuva 11 Vuotovesiprosenttien vertailu eri vesihuoltolaitosten välillä vuonna 2011

Kuvasta 11 nähdään, että Suomen vesihuoltolaitosten jätevesiviemärien vuotovesimäärien välillä on suuret erot. Suurimman vuotovesiprosentin omaavan vesihuoltolaitoksen vuotovesiprosentti on noin 70 % ja pienin ilmoitettu vuotovesiprosentti on noin 15 %. Näiden kahden ääripään ero on noin 55 %-yksikköä. Muut vesihuoltolaitokset ovat sijoittuneet tasaisesti näiden kahden arvon väliin.

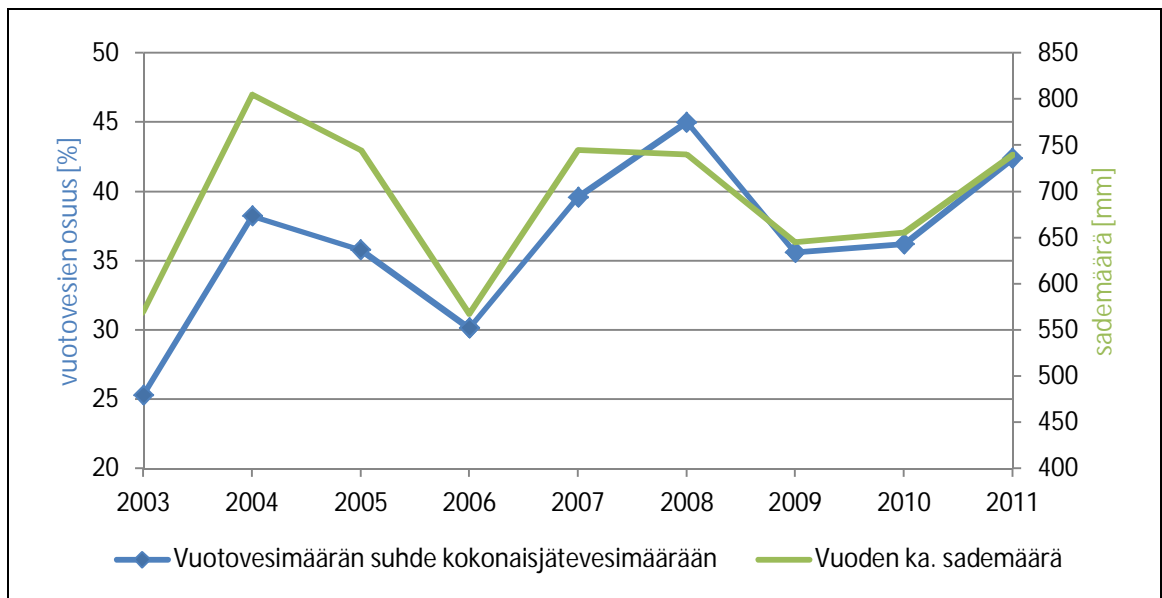
Alla olevassa kuvassa (kuva 12) on vertailtu, miten jätevesiviemärien saneeraus vaikuttaa viemärien vuotovesien suhteelliseen määrään HSY:llä.



Kuva 12 Saneeraus määrän vaikutus vuotovesimäärien kehitykseen

Kuvasta nähdään, että vuotovesiprosentti on noussut lähes koko 2000-luvun ajan HSY:n jätevesiviemäriissä. Tämä voidaan todeta, kun tarkastellaan neljän vuoden mittauksen perusteella asetettuja trendiviivoja. Näiden vuosien ajan saneeraus määrät ovat ensiksi vuosina 2003 - 2006 nousseet, sen jälkeen vuosien 2006 - 2009 aikana saneeraus määrät ovat laskeneet hieman ja vuosina 2009 - 2011 saneeraukset ovat vähentyneet selvästi. Samanlaista käyttäytymistä ei havaita vuotovesimäärien kehityksessä.

Verrattaessa vuosittaisia vuotoprosentteja saman vuoden keskimääräisiin sademääriin havaitaan, että käyrien muodot ovat hyvin lähellä toisiaan. Kuvassa 13 on esitetty Kaisaniemen mittausasemalla mitattu vuosittaiset sademäärät ja HSY:n jätevesiviemäriin vuotoprosentit vuosilta 2003 - 2011.



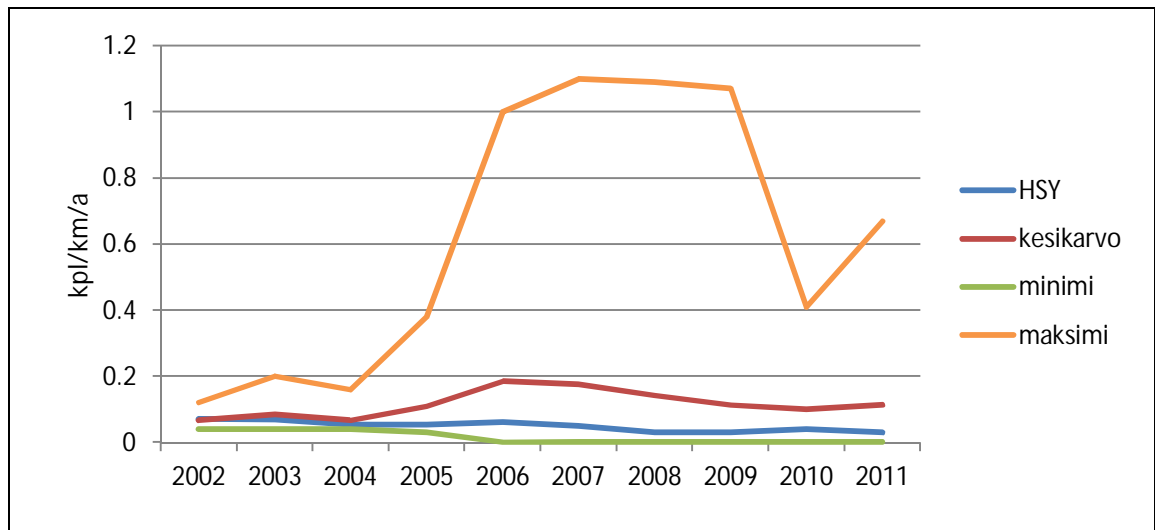
Kuva 13 Kaisaniemen mittausaseman vuosittaiset sademäärät ja jätevesiviemäriin vuotoprosentti

Kuvien 12 ja 13 perusteella voidaan todeta, että jätevesiviemäriin vuotovesiprosentti riippuu suoraan sademäärästä. Näin ollen VVY:n ilmoittama vuotoprosentti on huono

tunnusluku saneerausten vaikuttavuuden arvioinnille. Jos saneerauksen vaikuttavuutta halutaan mitata vuotovesien perusteella, tulisi käyttää joko suositusten mukaista 5 vuoden keskiarvoja tai ottaa laskelmissa huomioon sademäärä.

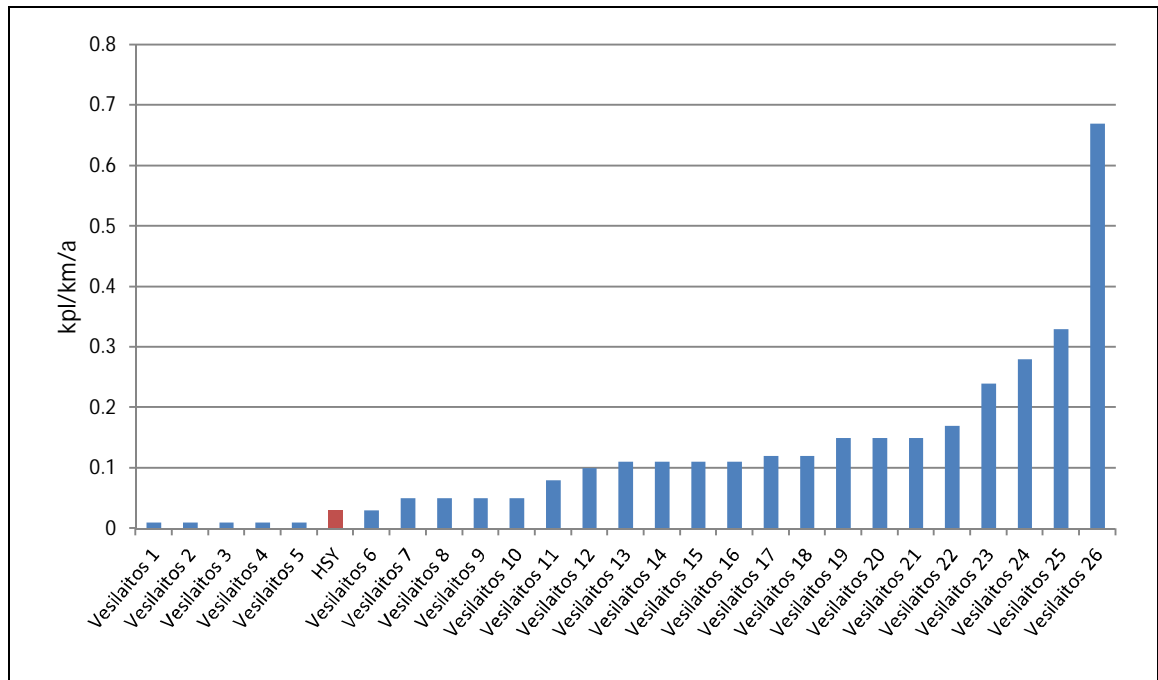
4.1.5 Tukosten määrä jätevesiviemäriissä

Jätevesiviemäriin tukosten määrä suhteessa viemäriverkoston kokonaispituuteen kertoo tukosten esiintymistiheyden lisäksi verkoston herkkyydestä tukosten syntyyn. Tällä tunnusluvulla arvioidaan siis jätevesiviemäriin vikataajuutta. Kuvassa 14 on esitetty Suomen vesihuoltolaitosten jätevesiviemäreissä esiintyneiden tukosten määrän kehitystä 2000-luvulla.



Kuva 14 Tukosten määrän kehitys 2000-luvulla

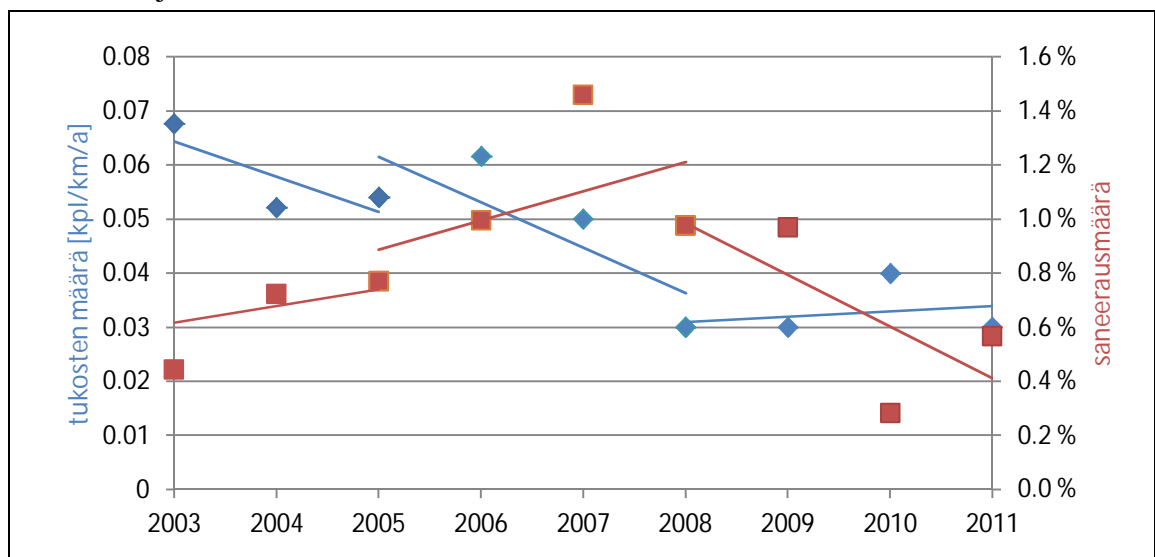
HSY:n arvo on koko tarkasteluajan ajan ollut lähellä minimiarvoa verrattaessa sitä Suomen muiden vesihuoltolaitosten viemäreissä tapahtuviin tukosten lukumääriin 2000-luvulla. Vuoden 2011 tukosten suhteellinen määrä on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15 Vuoden 2011 tukosten suhteellinen määrä eri vesihuoltolaitoksilla

HSY:n jätevesiviemäriverkostossa havaittiin tukkeumia erittäin vähän verrattuna muiden vesihuoltolaitoksien havaittuihin arvoihin vuonna 2011. Tähän tunnuslukuun vaikuttaa eri viemärlaitoksien käytännöt, joiden perusteella päätetään, mitkä viemäriverkoston toimintahäiriöt kirjataan tukoksiksi. Lisäksi tukosten määrään vaikuttaa viemäreiden huuhtelut sekä tehdyt viemärikuvaukset, sillä ennen kuvauksia viemärit huuhdellaan. Huuhtelulla viemäriin olevat tukkeumat lähtevät liikkeelle ja viemäriin toimintakyky paranee.

Kuvassa 16 on esitetty rinnakkain HSY:n viemäriverkostossa tehdyt viemärisaneerausmäärät ja havaitut tukokset.



Kuva 16 Saneeraus määrän vaikutus tukosten määrään

Kuvan 16 perusteella saneeraus määrän ja tukosten välillä voidaan nähdä heikko yhteys. Tämä yhteys voidaan havaita tarkastelemalla neljän vuoden ajalta määritettyjä

trendiviivoja. Vertailemalla pelkästään vuosittaisia arvoja toisiinsa yhteys ei ole nähtävissä. Trendiviivojen perusteella voidaan sanoa, että saneerausmäärien kasvaessa vuosien 2003 - 2008 aikana myös tukosten määrät on pienentynyt. Saneerausmäärän pienentyessä jälleen vuosien 2010 jälkeen 2000-luvun alun tasolle noin 0,4 % niin myös tukosten määrän laskusuunta pysähtyi ja kääntyi hieman nousuun. Kuitenkin on muistettava, että tukosten määriin vaikuttavat saneerausten lisäksi muut viemärien kunnossapitotoimet, kuten edellisissä kappaleissa todettiin.

4.1.6 Yhteenveto VVY:n tunnusluvuista

VVY:n tunnusluvuista etsittiin apuvälineitä saneerausten vaikuttavuuden arviointiin ja vertailuarvoja siihen, onko HSY:n verkoston tämän hetkinen tila hyvällä vai huonolla tasolla. VVY:n keräämien tietojen perusteella saatiin tietoa saneerausten vaikuttavuuden arvioinnissa käytettävien mittareiden luotettavuudesta. Tunnuslukujen avulla voidaan arvioida vesihuoltolaitosten oman toiminnan kehitystä eri vuosien välillä. Vesihuoltolaitoksia voidaan myös arvioida keskenään eri tunnuslukujen avulla. Tässä tulee kuitenkin muistaa, että vesihuoltolaitokset voivat kerätä tietoja eri tunnusluvuista eri tavoin, jolloin tunnusluvut eivät ole vertailukelpoisia.

Tunnuslukuja vertailemalla huomattiin, että tunnusluvut soveltuvat paremmin vedenjakeluverkoston kuin jätevesiviemärien saneerausten vaikuttavuuden arviointiin. Jätevesiviemäriin tunnuslukuihin vaikuttavat merkittävästi enemmän muut tekijät kuin vedenjakeluverkoston tunnuslukuihin.

HSY:n vedenjakeluverkoston uusiutumisaajan perusteella HSY:n saneerausvelka kasvaa kokoajan. Tätä pienentääkseen HSY:n tulee kasvattaa saneerausmääriä, jotta verkoston toimintakyky varmistetaan tuleville vuosikymmenille. Vedenjakeluverkoston vuotoprosentti ja putkirikkomäärät ovat kääntäen verrannollisia saneerausmääriin, kun niitä verrataan toisiinsa pidemmällä ajanjaksolla. Jätevesiviemäriverkoston osalta viemäriin vuotovesiin vaikuttaa lähinnä sademäärät eikä saneeraukset, mutta tukoksien ja saneerausten välillä oli havaittavissa heikko yhteys.

Suomen vesihuoltolaitosten VVY:lle ilmoittamien tunnuslukujen perusteella työn yhteydessä koottiin vertailuarvot yllä esitetyille tunnusluville. Vertailuarvot kertovat, mihin luokkaan Suomen vesihuoltolaitosten joukossa HSY sijoittuu omien tunnuslukujen perusteella. Kyseiseen jaotteluun on otettu mallia Svenskt Vatten:n luokittelusta. Määritetyt raja-arvot perustuvat VVY:n keräämiin tunnuslukuihin. Taulukoon 6 on koottu raja-arvot käytetyille tunnusluville ja siinä on esitetty myös HSY:n sijoittuminen jokaisessa ryhmässä.

Taulukko 6 Tunnuslukujen raja-arvot

	20 % paras- ta vesihuol- to-laitosta	20 – 40 % parasta vesi- huolto- laitosta	40 – 60 % hyvää vesi- huolto- laitosta	20 -40 % huonointa vesihuolto- laitosta	20 % huo- nointa vesi- huolto- laitosta
Vesijohto- verkoston uusiutumis- aika [a]	0 - 100	100 – 200	200 - 300	300 – 500 HSY 351	500 – 900
Vuotavuus [l/m/vrk]	0 - 1,5	1,5 – 3,0	3,0 - 4,5	4,5 – 7,0	7,0 – 25 HSY 19,5
Putkirikot [kpl/km/v]	0 – 0,02	0,02 – 0,04	0,04 – 0,05	0,05 – 0,1	Yli 0,1 HSY 0,11
Vuotovesi- määrän [%]	0 – 25	25 – 35	35 – 40	40 – 50 HSY 42,4	Yli 50
Tukosten määrä [kpl/km/v]	0 – 0,02	0,02 – 0,06 HSY 0,03	0,06 – 0,11	0,11 – 0,20	yli 0,20

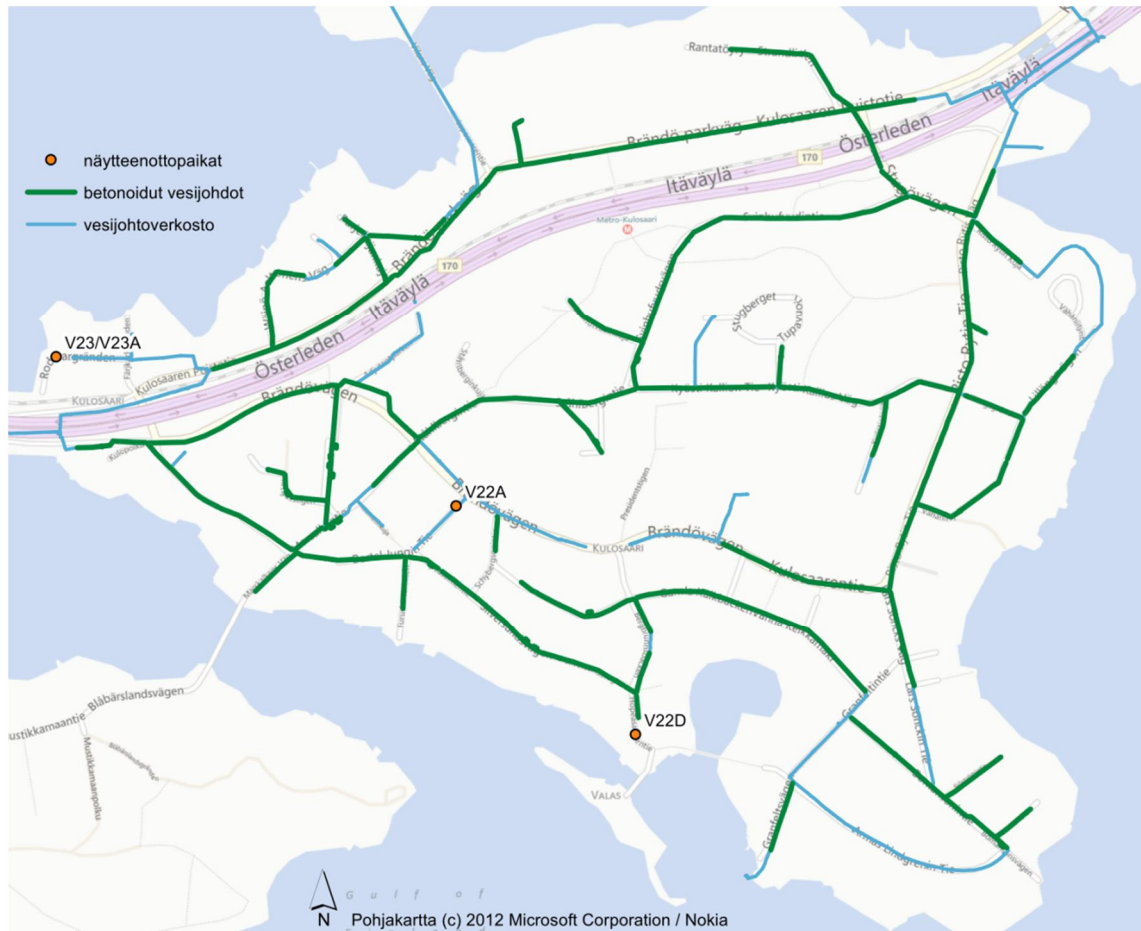
Taulukosta 6 nähdään, että HSY:n tunnusluvuissa on parannettavaa, kun niitä verrataan Suomen muiden vesihuoltolaitosten tunnuslukuihin. Erityisesti vesijohtoverkoston vuotavuuden arvo on todella suuri. Tässä käytetty vuotavuuden yksikkö ei kuitenkaan ole paras mahdollinen verrattaessa vesihuoltolaitoksia toisiinsa, kuten edellisissä luvuissa todettiin. Tässä vertailussa ILI-luku antaisi paremman kuvan vesihuoltolaitoksien keskinäisestä tilanteesta.

4.2 Kulosaaren saneeraus

Kulosaaren vedenjakeluverkosto saneerattiin vuonna 2007. Alue saneerattiin pääasiassa vesijohtoveden huonon laadun takia. Saneerausmenetelmäksi valittiin vesijohtojen betonointi. Betonoinnin yhteydessä vedenjakeluverkoston venttiilit vaihdettiin uusiin. Alueen verkostosta saneerattiin yhteensä 8,4 kilometriä vesijohtoa, joka kattaa 65 % Kulosaaren verkostosta. Kulosaaren vedenjakeluverkoston kokonaispituus on noin 12,9 kilometriä. Saneerauksen yhteydessä ei uusittu tonttijohtoja.

4.2.1 Veden laatuanalyysi

Kulosaaren alueella on tehty verkstovesianalyysseja ennen ja jälkeen saneerauksen. Näytteenottoaikoja on eri puolilla Kulosaaren vedenjakeluverkostoa. Näytteenotto-paikat on esitetty alla olevassa kuvassa 17. Pääasiassa vesinäytteet otettiin pisteestä V22D. Kuvaan on merkitty myös saneeratut johto-osuudet vihreällä värillä.



Kuva 17 Kulosaaren vedenjakeluverkoston näytteenottopaikat ja saneeratut johtosuudet

Kulosaaren alueella vedenjakeluverkoston laatuanalyysseja on tehty ainoastaan kerran vuodessa ennen saneerausta vuosien 2005 ja 2006 aikana. Saneerauksen jälkeen Kulosaarissa otettujen analyysien määrä on kasvanut. Taulukkoon 7 on koottu analyysien lukumäärät vuodesta 2005 eteenpäin.

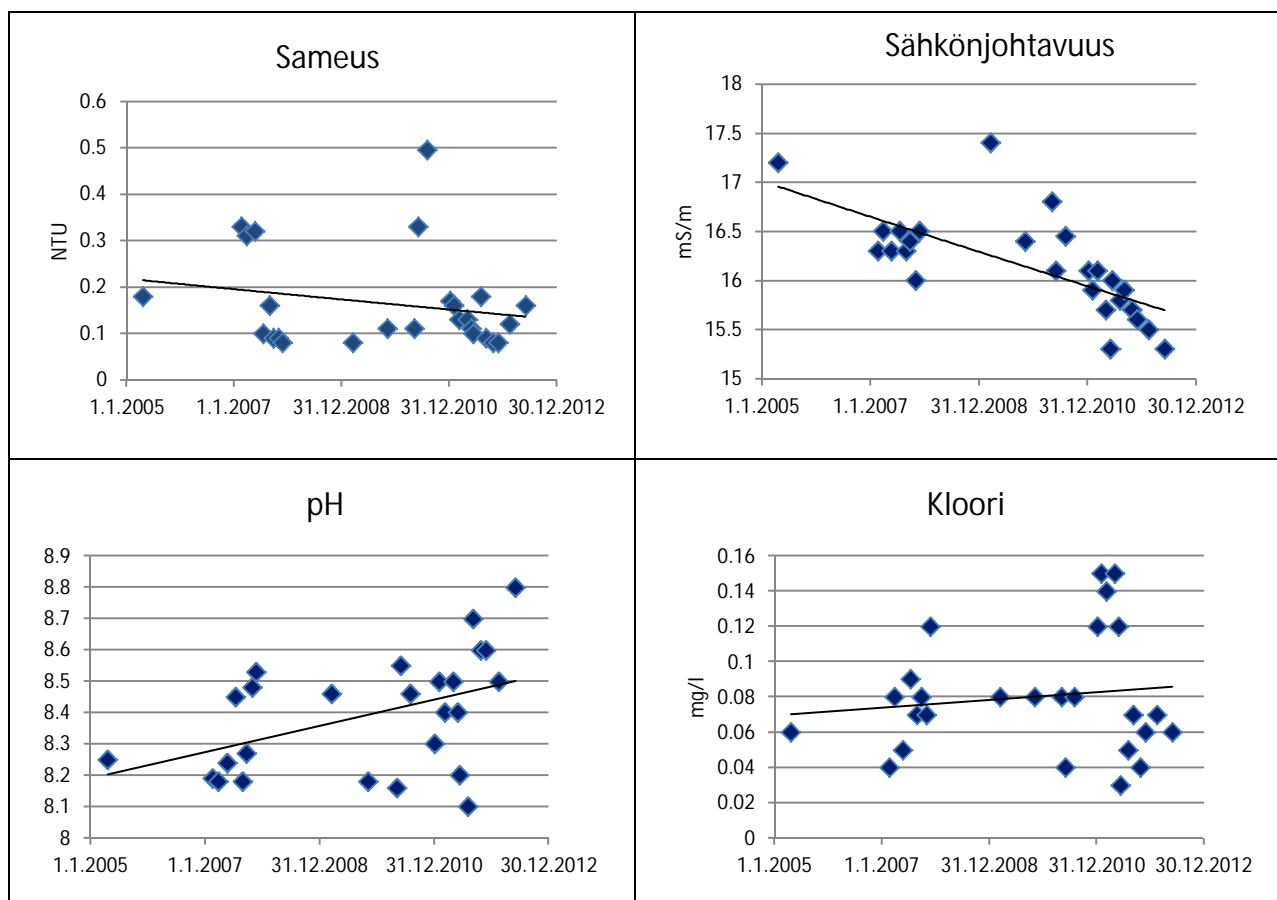
Taulukko 7 Kulosaaren verkostossa tehtyjen vedenlaatuanalyysien lukumäärä

vuosi	analyysikerrat
2005	1
2006	1
2007	8
2008	10, vesi otettu Vantaanjoesta ei oteta huomioon tarkastelussa
2009	2
2010	3
2011	10
2012	2

Vuonna 2008 raakavesi otettiin Vantaanjoesta, mikä vääristää tuloksia. Kyseisen vuoden tuloksia ei ole otettu huomioon tarkastelussa. Seuraavaan taulukkoon on koottu

analyysitulokset sameuden, sähkönjohtavuuden, pH:n ja kloorin osalta. Kokonaisuudessaan tulokset ovat esitetty liitteessä 1.

Taulukko 8 Kulosaaren veden laatutulokset



Veden laatuanalyysseja on alueella tehty liian harvoin, jotta saneerausten vaikutukset olisivat niistä hyvin nähtävissä. Etenkin ennen saneerauksia analyysituloksia on vähän saatavissa. Sameuden ja sähkönjohtavuuden analyysitulosten perusteella voidaan sanoa, että on tapahtunut pientä positiivista kehitystä veden laadussa. Veden klooripitoisuus oli vuoden 2011 alkupuolella normaalia korkeammalla tasolla, joka on voinut johtua verkostossa tapahtuneesta mahdollisesta virtaussuunnan muutoksesta. pH:n nousu on odotettu betonoinnin jälkeen tapahtunut muutos verkostoveden laadussa.

4.2.2 Vedenjakeluverkoston vuotavuustarkastelu

Kulosaaren alueen vuotavuustarkasteluun oli käytössä kolmenlaisia lähtötietoja. Tiedossa oli Kulosaaren alueen laskutetut vesimäärät vuosilta 2005 - 2011 ja Kipparlahden mittausasemalta johdetut vesimäärät vuoden 2005 joulukuun, vuoden 2006 helmikuun - maaliskuun sekä vuoden 2012 touko-kesäkuun osalta. Näiden tietojen perusteella arvioidaan seuraavassa saneerausten vaikuttavuutta vertaamalla vuotovesimäärien suuruutta ennen ja jälkeen saneerausten.

Kulosaaren alueen kesikukulutus

Kulosaaren alueen keskimääräinen vuorokausikulutus määritetään alueen laskutustietojen perusteella. Laskutustiedoissa on mukana sekä Kulosaaren että Korkeasaaren kulu-
tuspisteet. Tarkasteluvuosien aikana Kulosaaren laskutetut vesimäärät vaihtelivat välillä 24,6 m³/h - 30,1 m³/h. Arvot on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9 Kulosaaren vuosittaiset laskutetut vesimäärät

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
29,8 m ³ /h	30,3 m ³ /h	28,2 m ³ /h	24,6 m ³ /h	30,1 m ³ /h	27,6 m ³ /h	26,5 m ³ /h

Taulukosta 9 nähdään, että vuonna 2008 laskutettu vesimäärä on huomattavasti muita vuosia alempi. Tuolloin raakavesi otettiin Vantaanjoesta, jolloin talousveden laatu oli normaalia huonompaa. Tämä voi aiheuttaa kulutuksissa pienen alentumisen, mutta 4 m³/h suuruinen käytön pienentyminen ei selity verkostoveden laadun heikkenemisestä. Näiden laskutettujen vesimäärien perusteella laskettiin alueen keskiarvokulutukseksi noin 28,2 m³/h.

Kulosaaren nykyisen vuotovesimäärän määrittäminen keskiarvokulutuksiin perustuen

Keskimääräistä laskutettua vesimäärää verrattiin Kipparlahden mittausasemalta Kulosaaren suuntaan johdettuun virtaamaan. Kipparlahden mittausasemalta johdetaan vettä normaalitilanteessa Kulosaaren verkoston kautta Helsingin keskustan verkostoon. Kulutustilanteesta riippuen välillä vettä voidaan ohjata vastakkaiseen suuntaan eli keskustasta Kulosaaren sillan kautta Kulosaaren verkostoon. Vuoden 2012 mittauksissa kyseisten verkostojen välillä oleva Kulosaaren sillalla kulkeva DN400 oli suljettu noin viikon ajaksi. Tältä ajanjaksolta pystyttiin määrittelemään Kulosaaren ja Korkeasaaren johdettu vesimäärä. Ajanjaksolta, jolloin Kulosaaren silta oli suljettu, mitattiin seuraavan taulukon mukaiset keskimääräiset vuorokausivirtaamat. Kyseisen ajanjakson keskiarvovirtaamaksi saadaan 61,6 m³/h.

Taulukko 10 Kipparlahden virtaamat Kulosaaren sillan ollessa suljettuna

26.5.12 (la)	27.5.12 (su)	28.5.12 (ma)	29.5.12 (ti)	30.5.12 (ke)	31.5.12 (to)	1.6.12 (pe)	2.6.12 (la)	3.6.12 (su)	4.6.12 (ma)	5.6.12 (ti)
61,1 m ³ /h	63,6 m ³ /h	64,4 m ³ /h	61,6 m ³ /h	59,9 m ³ /h	63,7 m ³ /h	61,8 m ³ /h	57,5 m ³ /h	60,2 m ³ /h	63,1 m ³ /h	60,6 m ³ /h

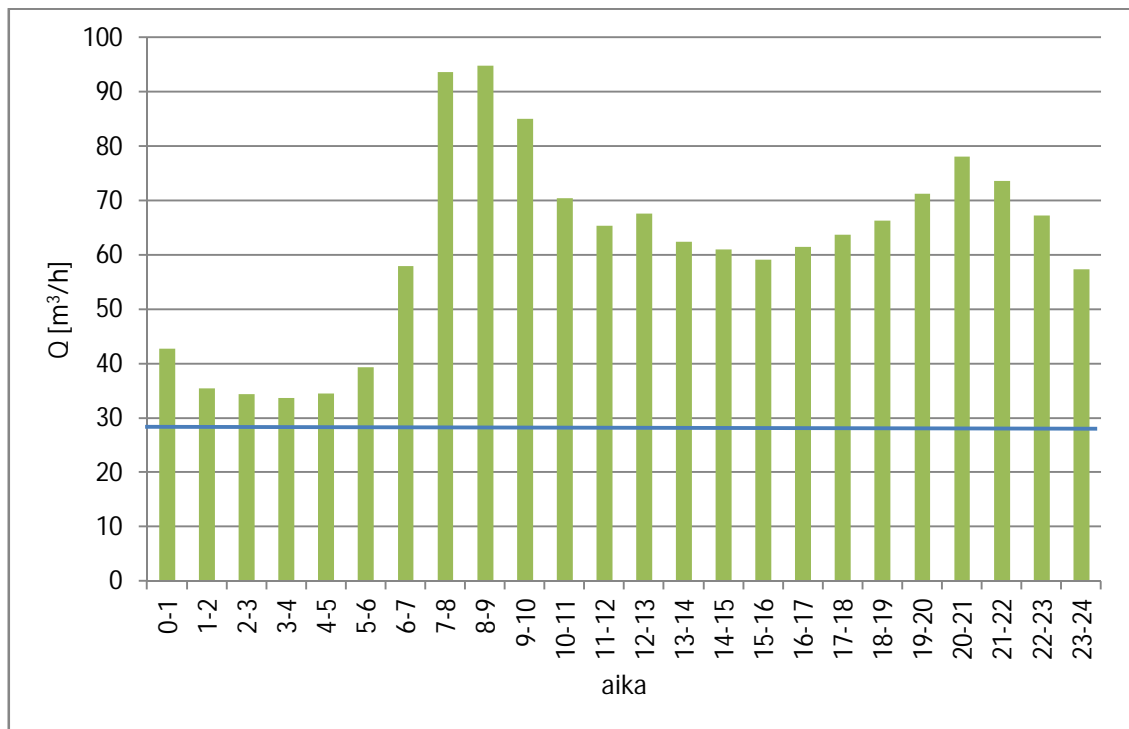
Verrattaessa tätä arvoa laskutuksen perusteella saatuun alueen keskiarvokulutukseen 28,2 m³/h nähdään, että Kulosaareen johdettu vesimäärä on noin 33 m³/h suurempi. Keskiarvokulutuksia vertaamalla voidaan siis sanoa, että puolet Kulosaareen johdetusta vedestä on laskuttamatonta vettä.

Samanlaista vertailua ei voida tehdä vuosien 2005 ja 2006 mittauksilla, sillä Kulosaaren sillan vesijohto ei ollut silloin suljettu, joten arvot eivät ole verrattavissa. Näin ollen saneerausten vaikuttavuutta alueelle johdetun vesimäärään perusteella ei pystytä arvioimaan.

Kulosaaren nykyinen vuotovesimäärä yökulutustarkasteluun perustuen

Kulosaaren vesijohtoverkoston vuotovesiä tarkasteltiin vuoden 2012 mittaustietojen perusteella. Kuvassa 18 on esitetty tiistain 28.5.2012 Kipparlahden mittausasemalta Kulosaareen johdettu virtaama. Kuvassa vaalean sinisellä viivalla on kuvattu vuoden 2011 keskimääräinen laskutettu vesimäärää Kulosaaren alueella, mikä kuvaa Kulosaaren keskimääräistä kulutusta. Aamuyön tunteina kyseisen kulutuksen tulisi olla korkeammalla kuin alueelle johdetun vesimäärä ja huipputuntikulutuksen aikaan johdetun vesimäärän tulisi vastaavasti olla viivaa korkeammalla. Kulosaaren alueella tämä ei toteudu aamuyön tunteina, joten alueen verkosto vuotaa huomattavasti. RIL:n mukaan alueen aamuyön tuntikulutuksen tulisi olla noin 1-1,5 % koko vuorokauden kulutuksesta, kun alueella ei ole yöllä vettä käyttäviä laitoksia (RIL 124-2-2004. s. 656). Tähän prosenttiosuuteen voidaan olettaa sisältyvän jo itsessään hieman vuotovesiä, joten yökulutuksen tulisi olla lähellä tästä laskettua arvoa.

Tarkastelupäivän aikana Kulosaareen johdettiin yhteensä $1\,480\text{ m}^3$, joten yöllä virtaaman tulisi olla noin $20\text{ m}^3/\text{h}$. Kuvasta 18 nähdään kuitenkin, että pienimmilläänkin virtaama on noin $33\text{ m}^3/\text{h}$. Alueen vuotavuus on siten noin $13\text{ m}^3/\text{h}$ eli noin $24\text{ m}^3/\text{km}/\text{d}$, kun Kulosaaren vesijohtoverkoston pituus on noin 12,9 km.



Kuva 18 Kulosaaren vuorokausikulutus 28.5.2012

VVY:n tunnuslukujärjestelmässä koko HSY:n alueen vuotavuudeksi on ilmoitettu vuodelle 2011 $19,5\text{ m}^3/\text{km}/\text{d}$. Kulosaaren alueelle laskettuna vuotavuuden tulisi tämän mukaan olla noin $250\text{ m}^3/\text{d}$ eli $10,5\text{ m}^3/\text{h}$. Verrattuna tätä Kulosaaren alueen laskettuun vuotavuuteen $13\text{ m}^3/\text{h}$, Kulosaaren vuotavuus on hieman HSY:n keskiarvoa korkeampi. Esitettäessä Kulosaaren ja koko HSY:n vuotovesimäärät suhteessa verkostoon liittyneiden asukkaiden määrällä, saadaan Kulosaaren vuotoveden määräksi noin 88 l/as/vrk ja

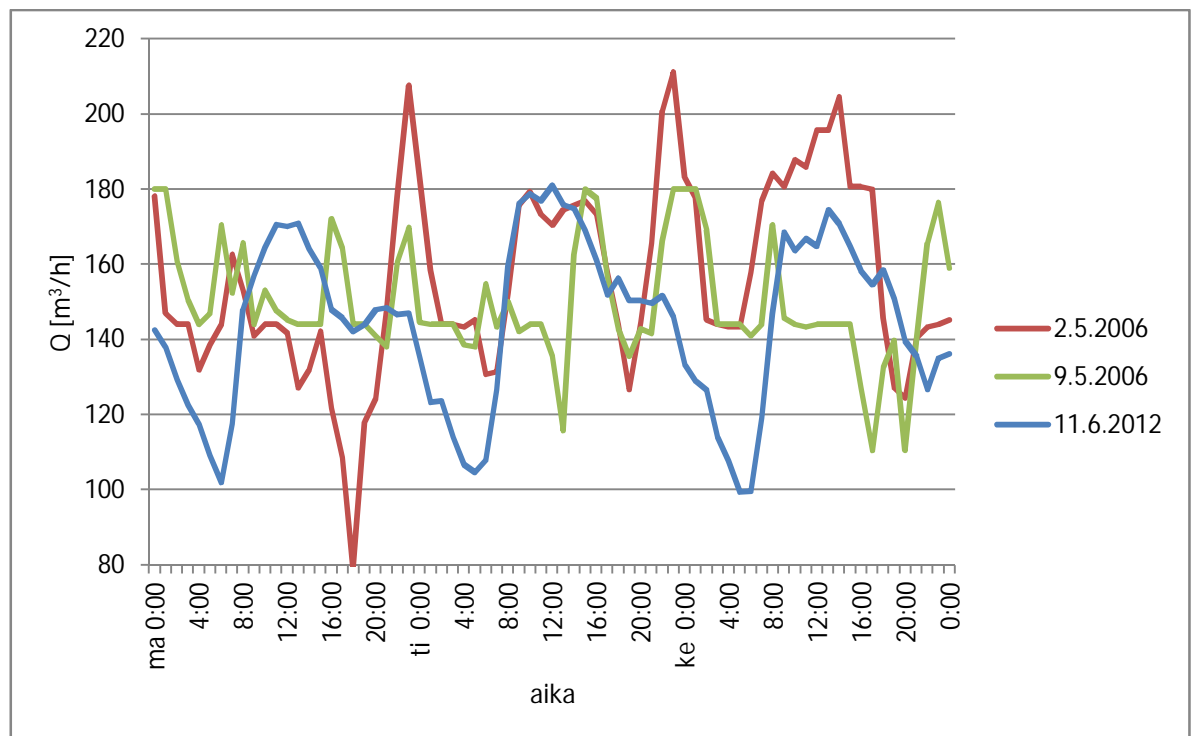
HSY:n vuotovesimääräksi noin 55 litraa jokaista verkostoon liittynyttä asukasta kohden vuorokaudessa.

Kun verrataan tätä vuotavuutta edellä saatuun laskutuksen perusteella laskettuun verkoston vuotavuuteen $33 \text{ m}^3/\text{h}$, nähdään, että yökulutuksiin perustuva vuotavuus on huomattavasti pienempi. Tämä laskutuksen perusteella määritetty vuotovesimäärä on samankokoinen kuin Kulosaaren alueelle johdettu minimivesimäärä yöaikaan. Tämän perusteella voidaan siis sanoa, että Kulosaaren verkoston vuotavuus on välillä $13 \text{ m}^3/\text{h}$ – $30 \text{ m}^3/\text{h}$.

Saneerausten vaikuttavuuden arvioiminen vuotavuuden perusteella

Vuosien 2005 - 2006 aikana tehtyjen mittausten perusteella ei päästä vertailemaan yökulutuksia yhtä tarkasti kuin vuoden 2012 mittaustiedoilla. Aikaisempina mittausajan kohtina Kulosaaren sillan vesijohto oli ollut auki, jolloin Kipparlahden mittausaseman kautta johdettiin vettä myös Helsingin keskustaan. Saneerausten vaikuttavuuden arviointia näillä tuloksilla voidaan kuitenkin harkitusti tehdä.

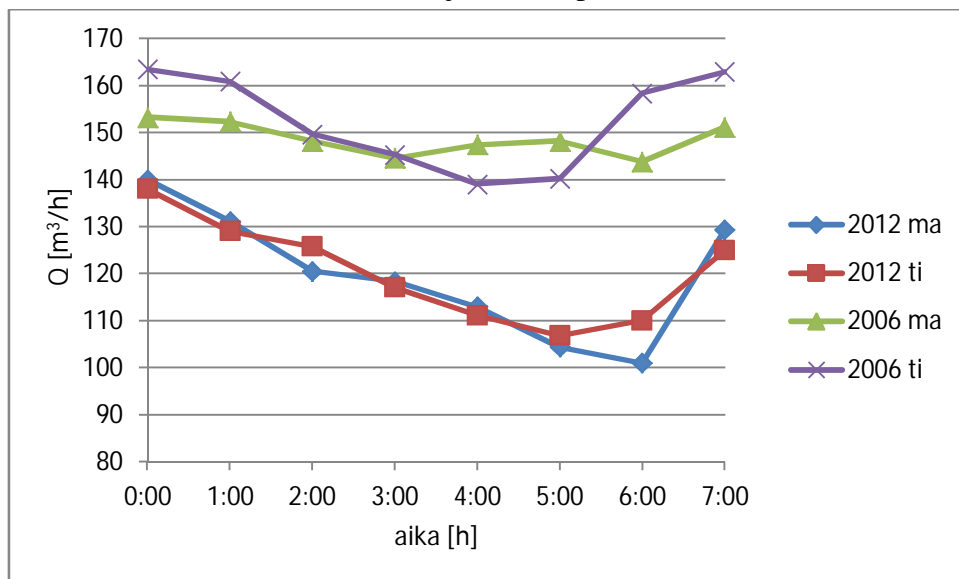
Saneerausten vaikuttavuuden määrittämiseksi tarkasteltiin vuoden 2006 toukokuun ja vuoden 2012 kesäkuun mittaustietoja. Alla olevassa kuvassa (kuva 19) on esitetty vuoden 2006 kahden ensimmäisen viikon ja kesäkuun 2012 puolivälin virtaamia Kipparlahden mittausasemalla. Jokaisen viikon osalta virtaamat on esitetty maanantaista keskiviikkoon.



Kuva 19 Kipparlahden mittausasemalta johdetut virtaamat

Kuvan 19 virtaamista nähdään, että vaikka virtaamakäyrät ovat erilaiset vertailutilanteissa, niin aamuyön virtaamat ovat pysyneet suhteellisen samanmuotoisena. Kuvassa 20 on tarkasteltu lähemmin vuosien 2006 ja 2012 mittausten yövirtaamia. Kuvassa on

esitetty vuoden 2006 toukokuun maanantaiden ja tiistaiden keskiarvovirtaamat Kipparlahden mittausasemalla sekä samojen viikonpäivien kesäkuun 2012 keskiarvovirtaamat.

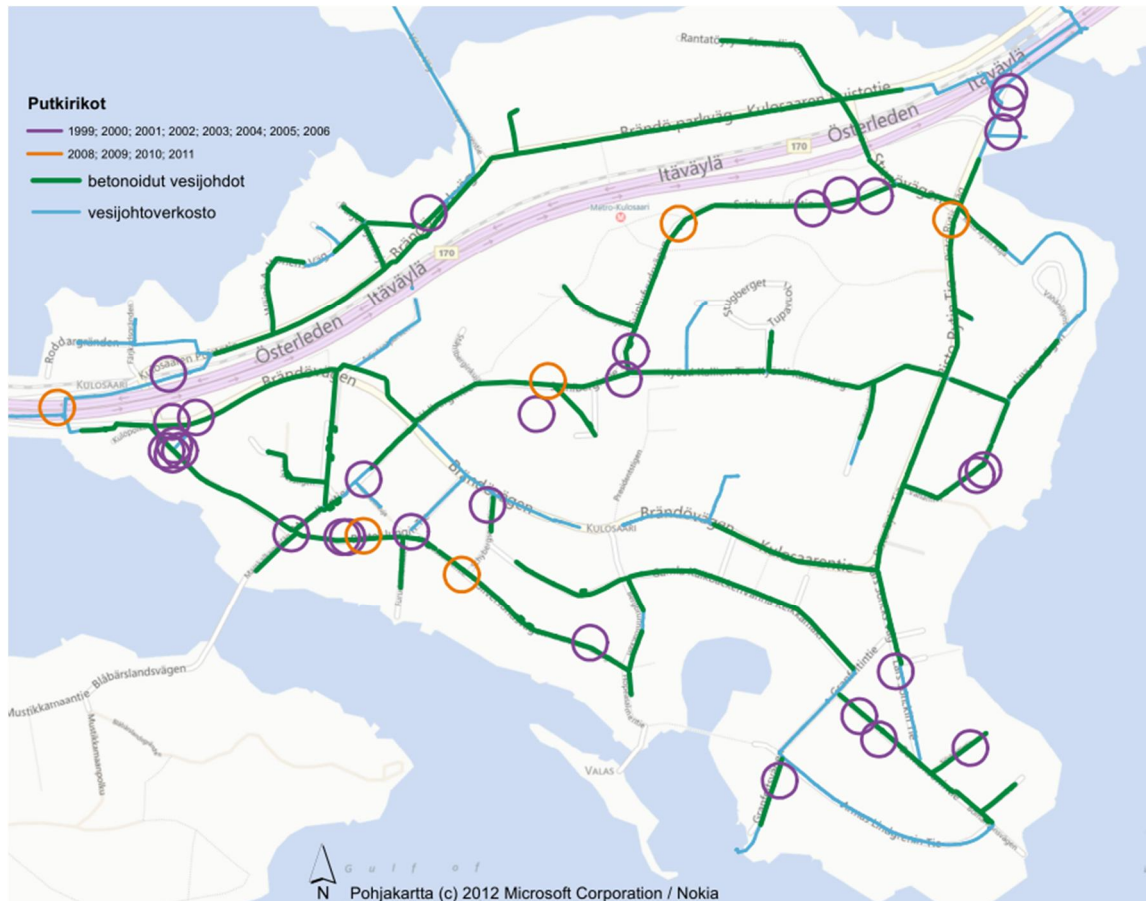


Kuva 20 Kipparlahdelta johdetut aamuöiset virtaamat vertailussa

Kuvan 20 aamuyön virtaamakuvaajista voidaan todeta, että yövirtaamat ovat pienentyneet noin $30 \text{ m}^3/\text{h}$ vuodesta 2006 vuoteen 2012 mennessä. Kyseinen virtaamamäärien väheneminen voi olla saavutettu Kulosaaren verkoston saneerausten ansiosta, sillä mitään suuria ohjaustavan muutoksia ei ole verkostossa tehty vuoden 2006 jälkeen. Yövirtaamien muutokseen voi olla syynä myös muut verkostossa tapahtuneet muutokset. Verkoston venttiileitä on voinut jäädä osittain suljetuiksi tehtyjen saneerausten yhteydessä, suuria vuotoja on voitu korjata Kulosaaren sillan länsipuolella tai suuria vedenkuluttajia on voinut poistua Helsingin keskustan verkostoalueilta. Näiden syiden perusteella ei voida olettaa, että kuvan $30 \text{ m}^3/\text{h}$ virtaaman pienentyminen olisi saavutettu Kulosaaren saneerausten ansiosta.

4.2.3 Putkirikkoanalyysi

Kulosaaren saneerausten vaikuttavuutta arvioidaan seuraavaksi putkirikkoanalyysin perusteella. Putkirikkojen määrän ei pitäisi vähentyä saneerausten jälkeen, sillä betonoimalla ei paranneta verkoston rakenteellista kuntoa oleellisesti. Ennen saneerausta Kulosaaren vesijohtoverkostossa sattui 31 kpl kirjattuja putkirikkoja vuosien 1999 - 2006 aikana. Nämä putkirikot on esitetty kuvassa 21 violetilla ympyrällä. Putkirikkoja tapahtui vuoden aikana keskimäärin noin 3,9 kpl eli $0,3 \text{ kpl/km/a}$. Tällaisella putkirikkomäärällä Kulosaaren verkoston kunto oli Ruotsin ja Tanska määrittämien rajojen mukaan huono ja Saksan tilastojen mukaan verkosto sijoittuu keskinkertaiselle tasolle.



Kuva 21 Kulosaaren verkostossa sattuneet putkirikot ennen ja jälkeen saneerausta

Saneerausten jälkeen putkirikkoja on tapahtunut vuosien 2008 - 2011 aikana 6 kpl, joista yksi on tapahtunut saneerausalueen ulkopuolella. Näin ollen putkirikkoja on tapahtunut noin 2 kertaa vuodessa ja vertailuarvo on täten 0,12 kpl/km/a. Kulosaaren vedenjakeluverkoston saneeraustoimenpiteillä saatiin putkirikkojen määrä vähenemään puoleen aikaisemmasta. Taulukossa 11 on esitetty putkirikot ennen ja jälkeen saneerauksia.

Taulukko 11 Kulosaaren putkirikot

	putkirikot [kpl]	vuodet	verkoston pi- tuus alueella [km]	putkirikkojen suhteel- linen kappalemäärä [kpl/km/vuosi]
ennen saneerausta	31	8	12,9	0,30
saneerauksen jälkeen	6	4	12,9	0,12
HSY 2011				0,11

Taulukossa 11 on esitetty myös koko HSY:n verkoston putkirikkojen suhteellinen määrä vuodelta 2011. Saneerausten ansiosta Kulosaaren alueella putkirikot saatiin laskea lähelle HSY:n keskiarvoa. Lisäksi Kulosaaren verkoston kunto nousi Tanskan asteikolla huonosta hyvään.

Kulosaaren saneerausten kokonaiskustannukset olivat noin 2,3 miljoonaa euroa eli saneerausten yksikkökustannus oli noin 270 €/m. Verkostosaneerausten vaikuttavuuden

arviointi -työssä arvioitiin yhden putkirikon hinnaksi Helsingissä noin 8 000 euroa (Pöyry Finland Oy 2011). Tarkasteltaessa saneerausten kannattavuutta ainoastaan putkirikkojen osalta, niitä olisi pitänyt saada vähennettyä noin 284 kappaleella, jotta saneeraus olisi ollut taloudellisesti kannattavaa. Jos taas oletetaan saneeratun vesijohdon jäljellä olevaksi käyttöajaksi 30 - 50 vuotta, putkirikkojen väheneminen tulisi olla 5,7 - 9,5 putkirikkoa vuodessa, jotta yksinään putkirikkokustannukset perustelisivat saneerauksen kannattavuuden.

Tarkastellaan tilannetta seuraavaksi Svenkst Vatten:n näkemyksen mukaan, että putkirikkojen lukumäärä kasvaa verkoston iän mukaan eksponentiaalisesti. Putkirikkojen määrän kasvamiseen vaikuttavat putkirikkojen määrä tilanteen alkuhetkellä, tarkastelujakson pituus sekä kasvukerroin. Kasvukertoimeen vaikuttavat putken asennusvuosi, putken koko sekä maalaji. Kasvukertoimen arvo vaihtelee 0,34 - 0,6 välillä. Tässä tarkastelussa kasvukertoimeksi oletetaan 0,04.

Yhtälöllä 1 saadaan laskettua, paljonko putkirikkomäärä kasvaa vuosittain riippuen putkirikkojen tapahtumataajuudesta alkuhetkellä.

$$N_t = N_0 * e^{A*t_p} \quad (1)$$

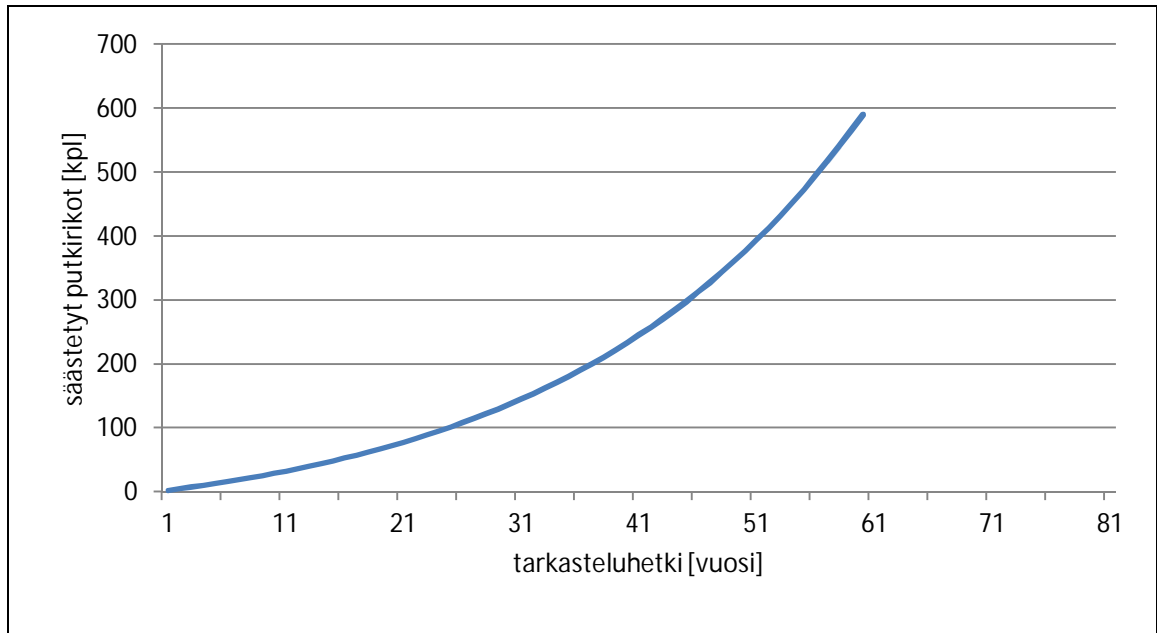
jossa N_t = putkirikkotaajuus tarkasteluvuoden kuluttua

N_0 = putkirikkotaajuus alkuhetkellä

A = kasvukerroin

t_p = tarkasteluvuosien lukumäärä

Yhtälön 1 avulla verrataan, paljonko putkirikoissa tullaan säästämään seuraavien vuosien aikana. Putkirikkotaajuudet määritetään seuraaville 60 vuodelle käyttämällä alkuhetken putkirikkotaajuutena sekä ennen saneerausta määritettyä 0,30 putkirikkoa/km/a että saneerauksen jälkeen saadulle 0,12 putkirikolle/km/a. Tämän jälkeen muutetaan yksiköt tapahtuneiksi putkirikoiksi vuodessa kertomalla arvot Kulosaaren verkostopituudella 12,9 km. Lopuksi lasketaan vuosittain säästetyt putkirikot vähentämällä ennen saneerausten mukaan lasketuista arvoista saneerausten jälkeen saadut arvot. Kuvassa 22 on esitetty säästettyjen putkirikkojen määrät Kulosaaren alueella tarkasteluvuotta kohden.



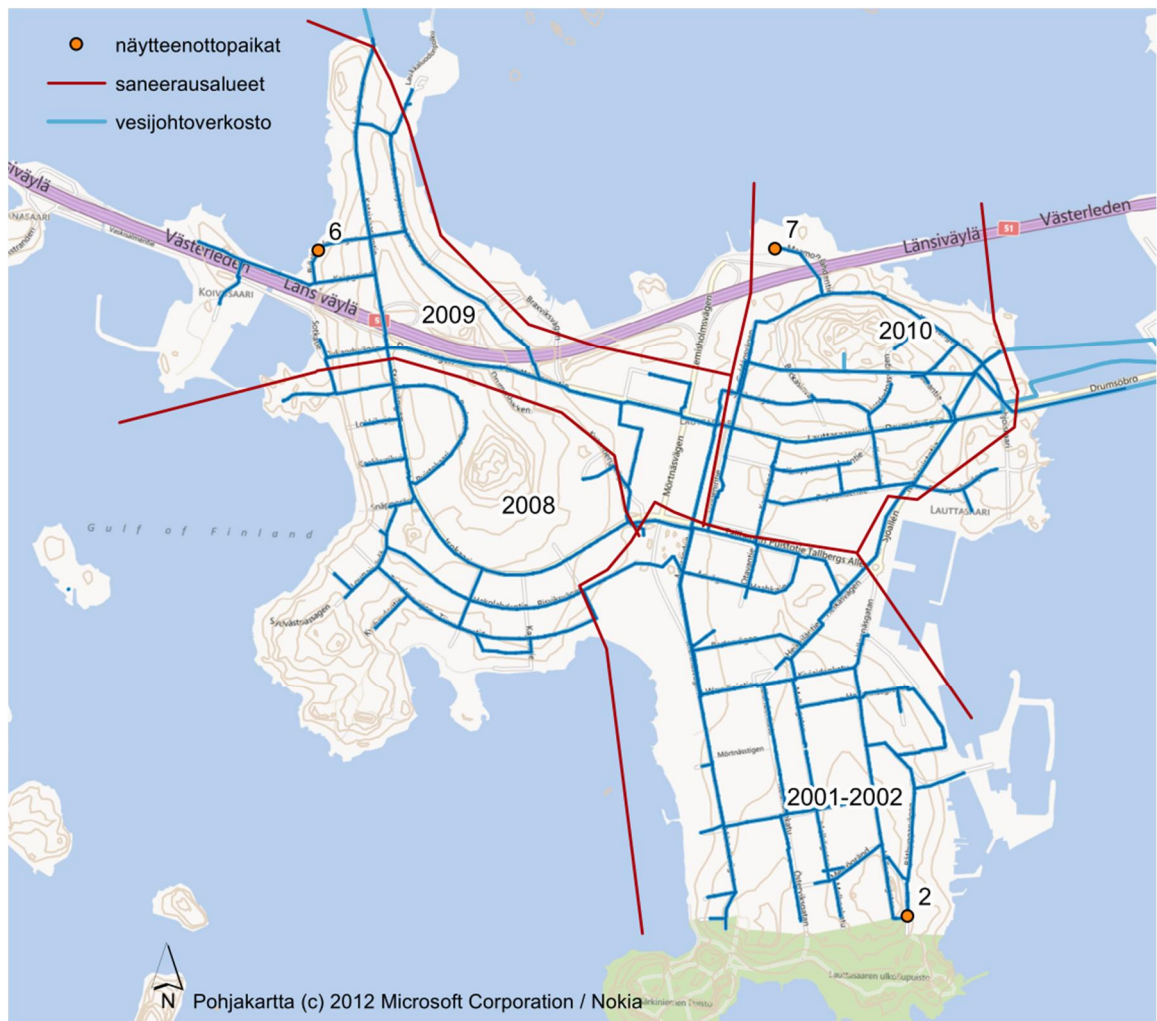
Kuva 22 Säästettyjen putkirikkojen määrä tarkasteluhetkellä

Kuvasta 22 nähdään, että tavoiteltu 284 säästetyn putkirikon määrä saavutetaan noin 44 vuoden päästä. Tämän mukaan Kulosaaren verkoston saneeraus on ollut taloudellisesti kannattavaa, jos alueen verkostoa ei tarvitse saneerata seuraavaan 44 vuoteen.

4.3 Lauttasaaren saneeraus

Lauttasaaren vesijohtoverkoston saneeraus suoritettiin osissa. Lauttasaaren ensimmäinen saneeraus tehtiin vuosina 2001 - 2003 ja toinen vuosien 2008 - 2010 aikana. Kuvassa 23 on esitetty vuosittaiset saneerausalueet. Lauttasaaresta ei ole saatavissa samanlaisia virtaamatietoja kuin Kulosaaresta, Helsingin vähäisten mittausalueiden takia. Lauttasaaren saneerausten vaikuttavuutta analysoidaan laatuanalyysien ja putkirikkojen perusteella.

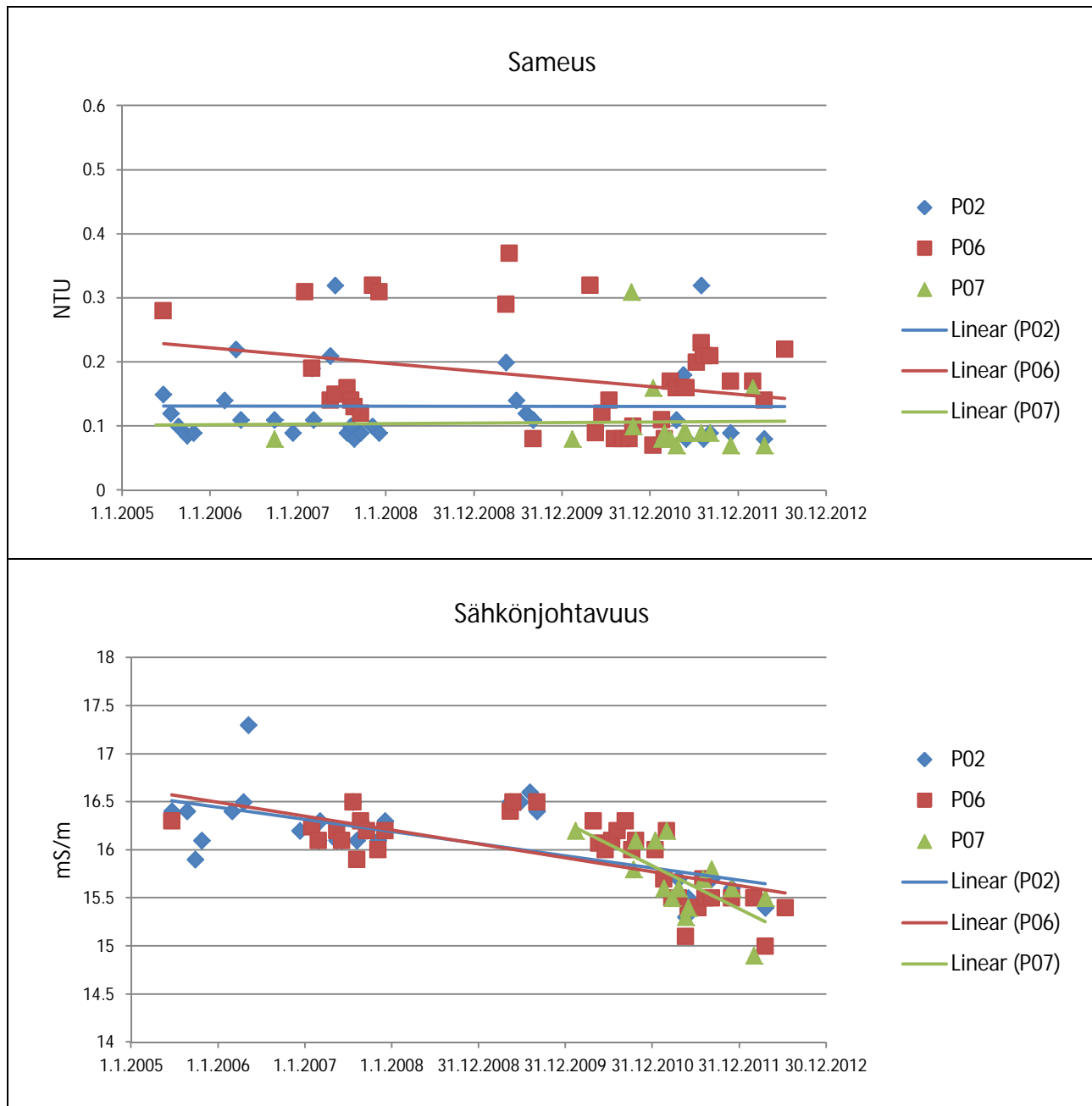
4.3.1 Laatuanalyysi

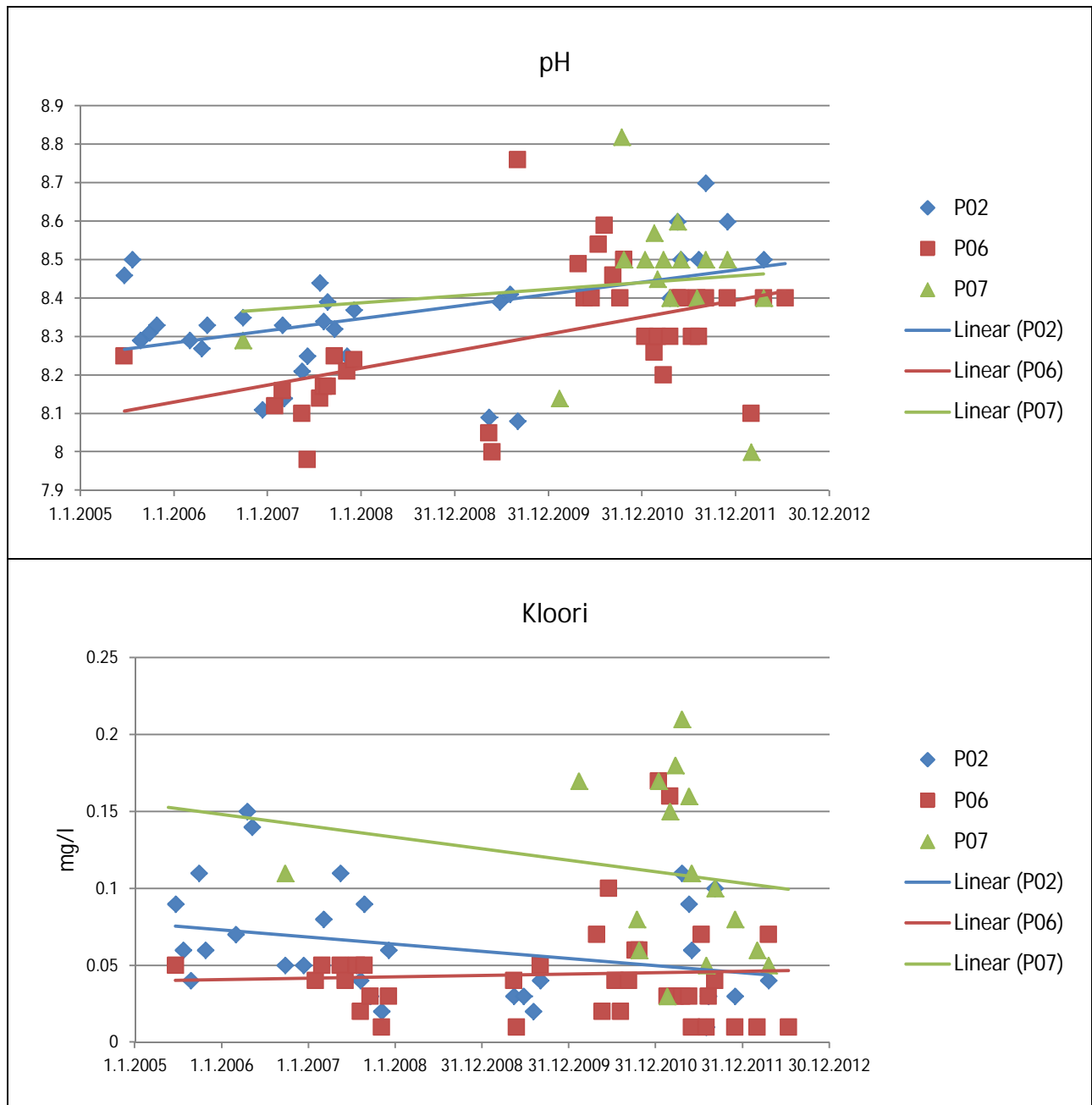


Kuva 23 Lauttasaaren saneerausalueet ja laatuanalyysipaikat korkeuskäyrillä

Lauttasaarella on kolme veden laatuanalyysien näytteenottopaikkaa, joiden sijainnit on esitetty kuvan 23 kartassa. Kaikista näytteenottapaikoista on vuosien aikana otettu käyttötarkkailunäytteitä. Näytteenottapaikasta numero 7 ei kuitenkaan ole otettu kuin yksi näyte ennen saneerauksia, mikä vääristää tämän näytteenottapaikan tuloksia. Seuraavaan taulukkoon (taulukko 12) on kerätty Lauttasaaren laatuanalyysien tulokset saameuden, sähkönjohtavuuden, pH:n ja kloorin osalta. Kaikki tulokset on esitetty liitteessä 2.

Taulukko 12 Lauttasaaren laatuanalyysien tulokset





Saneerausten jälkeen vesijohtoverkoston veden laadussa on nähtävissä pientä parantumista. Etenkin sähkönjohtavuuden osalta mittaustuloksissa on havaittavissa selvä laadun parantuminen saneerausten jälkeen. Mittauspaikassa 6 sähkönjohtavuus on ollut ennen vuotta 2009 noin 16 mS/m ja vuoden 2010 jälkeen, jolloin saneeraukset Lauttasaassa olivat valmiit, sähkönjohtavuus on jokaisella analyysikerralla ollut alle 16 mS/m. Sama suuntaus on nähtävissä myös näytteenottopaikan 7 tuloksista. Mitään merkittävää tilanteen muutosta ei saneerauksilla ole kuitenkaan saatu aikaan mitattujen laatutuloksien perusteella.

Lauttasaari oli ennen saneerauksia yksi säännöllisistä vesijohtoverkoston juoksutuskohteista Helsingissä. Juoksutuksilla parannetaan veden laatua sellaisissa kohteissa, joissa veden vaihtuvuus on heikkoa. Saneerausten jälkeen juoksutuksia ei ole tarvinnut tehdä enää yhtä useasti kuin ennen. Tarkkaa tietoa näistä ei ole, sillä tehtyjä juoksutuk-

sia ei ole kirjattu HSY:n verkkotietojärjestelmiin. Veden laatu on siis parantunut saneerausten vaikutuksesta, sillä veden laatu on yhtä hyvä tai hieman parempi vähemmällä kunnossapitotoimenpiteillä.

4.3.2 Putkirikkoanalyysi

Lauttasaaren verkosto saneerattiin neljänä eri ajankohtana eri alueilla. Alueilla tapahtuneita putkirikkoja tarkastellaan kolmen alueen osalta. Ensimmäinen alue saneerattiin vuosina 2001 - 2002, toinen alue on vuonna 2008 saneerattu alue ja kolmas on vuonna 2009 saneerattu alue. Alue, joka saneerattiin vuonna 2010, jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, sillä vertailuvuosia saneerauksen jälkeen on vain kaksi, jolloin virhemahdollisuus on suuri. Taulukkoon 13 on koottu alueilla havaitut putkirikot ennen ja jälkeen saneerauksien.

Taulukko 13 Lauttasaaren putkirikot eri saneerausalueilla

	putkirikot [kpl]	vuodet	verkoston pituus alueella [km]	putkirikkojen suhteellinen kappalemäärä [kpl/km/vuosi]
v. 2001-2002				
ennen saneerausta	13	4	9,5	0,34
saneerauksen jälkeen	25	10	9,5	0,26
v. 2008				
ennen saneerausta	17	12	4,8	0,30
saneerauksen jälkeen	3	4	4,8	0,16
v. 2009				
ennen saneerausta	19	13	4,8	0,30
saneerauksen jälkeen	9	3	4,8	0,63

Taulukosta 13 nähdään, että kaikilla alueilla tapahtui saman verran putkirikkoja suhteutettuna alueen verkostopituuteen ennen saneerausta. Tämä putkirikkomäärä noin 0,3 kpl/km/a on samaa luokkaa Kulosaarissa tapahtuneiden putkirikkojen kanssa ennen siellä tehtyjä saneerauksia. Saneerausten jälkeen havaituissa putkirikoissa on suuria eroavaisuuksia. Kahden ensimmäisen saneerausosan (v. 2001 - 2002 ja v. 2008) putkirikkojen määrä on pienentynyt saneerauksen jälkeen. Vuonna 2008 saneeratun alueen saneerauksen jälkeiset putkirikkomäärät ovat lähes samaa luokkaa koko HSY:n putkirikkojen kanssa. Vuonna 2009 saneeratulla alueella saneerauksen jälkeen on tapahtunut noin yksi putkirikko puolen kilometrin vesijohto-osuudella vuodessa. Tämä poikkeaa huomattavasti muista arvoista ja arvo on suurempi kuin ennen saneerausta.

Syytä putkirikkojen määrän nousuun saneerausten jälkeen on hyvin vaikea arvioida. Syyksi voidaan olettaa, että saneerausten jälkeinen kolmen vuoden tarkastelu-aika on liian lyhyt ja putkirikkojen määrän satunnaisvaihtelu vaikuttaa. Saneerauksia ennen put-

kirikkoja tapahtui kuitenkin saman verran kuin muillakin alueilla. Lisäksi alueen betonoidut vesijohdot ovat suurimmaksi osaksi asennettu 1950-luvulla, joten vesijohtojen rakenteellisessa kunnossa ei pitäisi olla suuria eroavaisuuksia alueiden kesken. Lauttasaassa on korkeuseroja melko paljon suhteessa alueen pieneen kokoon. Lauttasaaren pinta-alan on 3,75 km² ja korkeustaso vaihtelee alueella + 0 - +36 välillä. Alueen pohjoisosassa, jossa vuonna 2009 saneerattu vedenjakeluverkosto sijaitsee, maaperä on osittain savimaan peitossa, kun muualla maaperä on pääosin kallioperäistä kitkamaata. Lauttasaareen on myös tuotu paljon täytemaata isojen infra-kohteiden perustuksiksi.

4.4 Munkkiniemenrannan saneeraus vuosina 2012 – 2013

Munkkiniemenrannan alue valittiin yhdeksi pilotointi-kohteeksi työryhmän suunnittelu-kokouksissa käytyjen keskustelujen perusteella. Alueen saneeraus aloitetaan vuoden 2012 lopulla maastotöillä ja itse saneeraus suoritetaan vuoden 2013 aikana. Alueella on todettu huono veden laatu suuressa osassa verkostoa ja etenkin Munkkiniemenrannan verkoston perällä on veden laadussa puutteita. Myös verkostopaineet ovat alueella alhaiset. Erillisiä painemittauksia ei ole tehty vaan alhaiset verkostopaineet on huomattu säännöllisten isompien juoksutusten yhteydessä, joiden aikana asukkailta on tullut valituksia alentuneista verkostopaineista.

Kuvassa 24 esitetyssä kartassa on kuvattu Munkkiniemenrannan alueen vesijohtoverkosto. Alue on jaettu neljään osaan veden laadun perusteella. Alueella 1 laatu on todettu olevan erittäin huono, alueella 2 huono ja alueella 3 laatu on hyvä. Alueella neljä veden laadussa ei ole havaittu puutteita. Kartassa on esitetty myös tehtyjen jatkuvatoimisten veden laatumittausten mittauskohteet.



Kuva 24 Munkkiniemenrannan kyselyaluerajaus ja jatkuvatoimisten laatumittausten pisteet

Alueella tehtiin myös asiakaskysely yhdessä HSY:n asiakaspalvelun ja heidän yhteistyöyrityksensä Innolink:n kanssa. Asiakaskyselyssä kartoitettiin asukkaiden mielipiteitä muun muassa verkostoveden laadusta ja paineista sekä tapahtuneiden vesikatkojen haitoista. Kysely toistetaan saneerausten jälkeen vuoden 2013 lopulla ja tuloksia verrataan keskenään. Näiden kyselytulosten perusteella arvioidaan saneerausten kannattavuutta asiakkaan näkökulmasta.

4.4.1 Laatuanalyysi

Munkkiniemenrannan alueelta veden laatua on analysoitu pääasiassa näytteenottopisteestä 35 vuosien 2005 - 2012 aikana. Munkkiniemenrannan alueen veden laatu on huomontavaa kuin Helsingin vedenjakeluverkostossa yleisesti. Taulukossa 14 on esitetty Munkkiniemenrannan ja Hellemäenpolku 6:n veden laatuanalyysien tuloksia sameuden osalta. Taulukkoon on koottu vuoden 2012 tulokset.

Taulukko 14 Sameuden vertailu Munkkiniemenrannan ja Hellemäenpolku 6 välillä

Sameus [NTU]	10.1.2012	4.6.2012	19.6.2012	4.7.2012
Munkkiniemenranta (35)	0,20	0,38	0,24	0,25
Hellemäenpolku 6 (46)	0,11	0,13	0,13	0,11

Munkkiniemenrannan näytteenottopaikka 35 ja Hellemäenpolun näytteenottopaikka 46 on esitetty kuvassa 25.

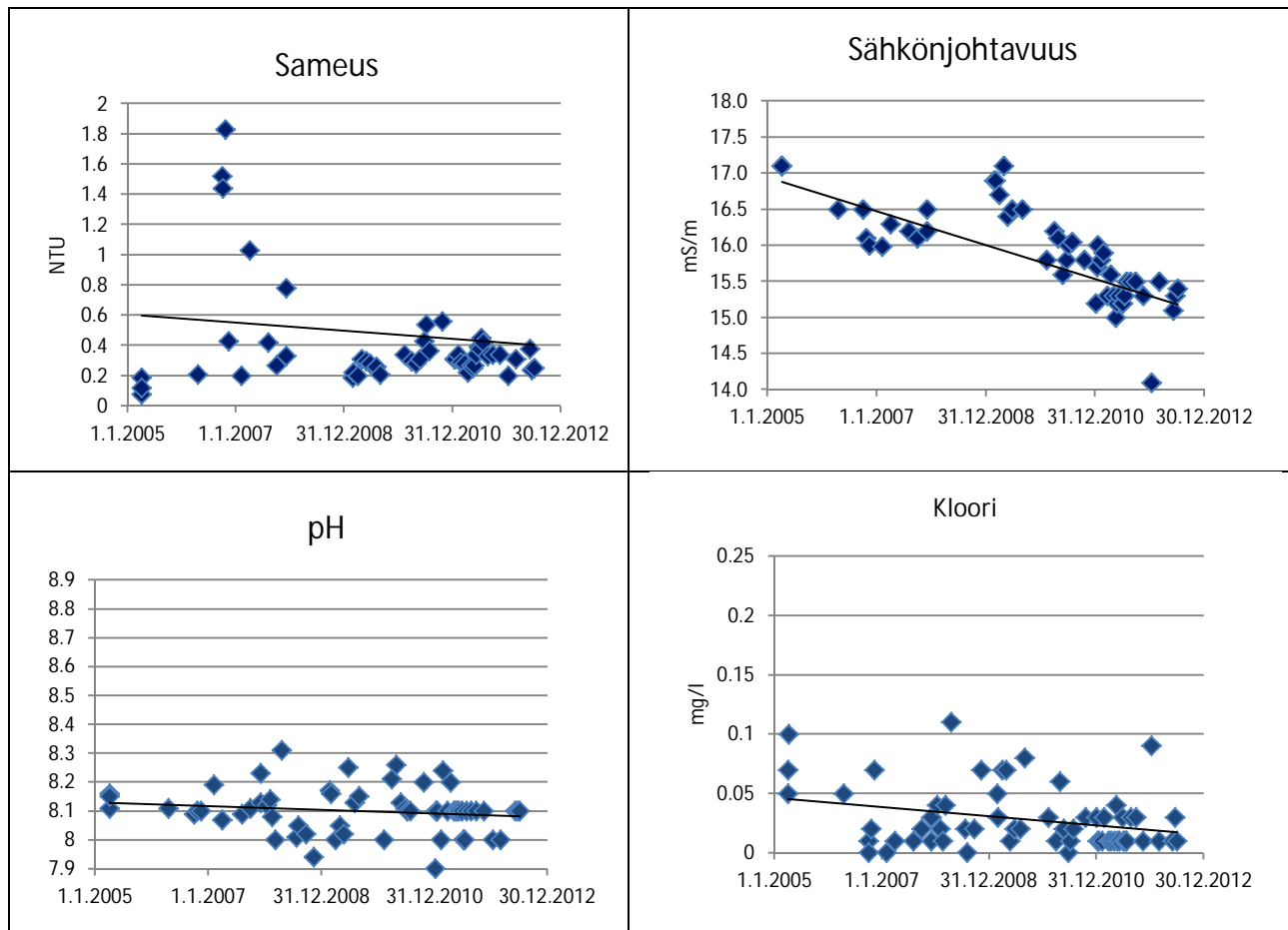


Kuva 25 Vedenlaatuanalyysien näytteenottopaikat

Taulukosta 14 nähdään, että Munkkiniemenrannan tuloksissa on huomattavasti enemmän sameutta kuin Hellemäenpolun näytteenottopaikan tuloksissa. Sameuden arvo on Munkkiniemenrannan alueella talviaikaan noin kaksinkertainen verrattuna Hellemäenpolun arvoihin ja kesällä sameus on lähellä HSY:n määrittämää uusintanäytteenoton raja-arvoa, joka on 0,35 NTU.

Munkkiniemenrannan veden laatuanalyysitulokset sameuden, sähkönjohtavuuden, pH ja kloorin osalta on esitetty taulukossa 15. Kaikki analyysitulokset on esitetty liitteessä 3.

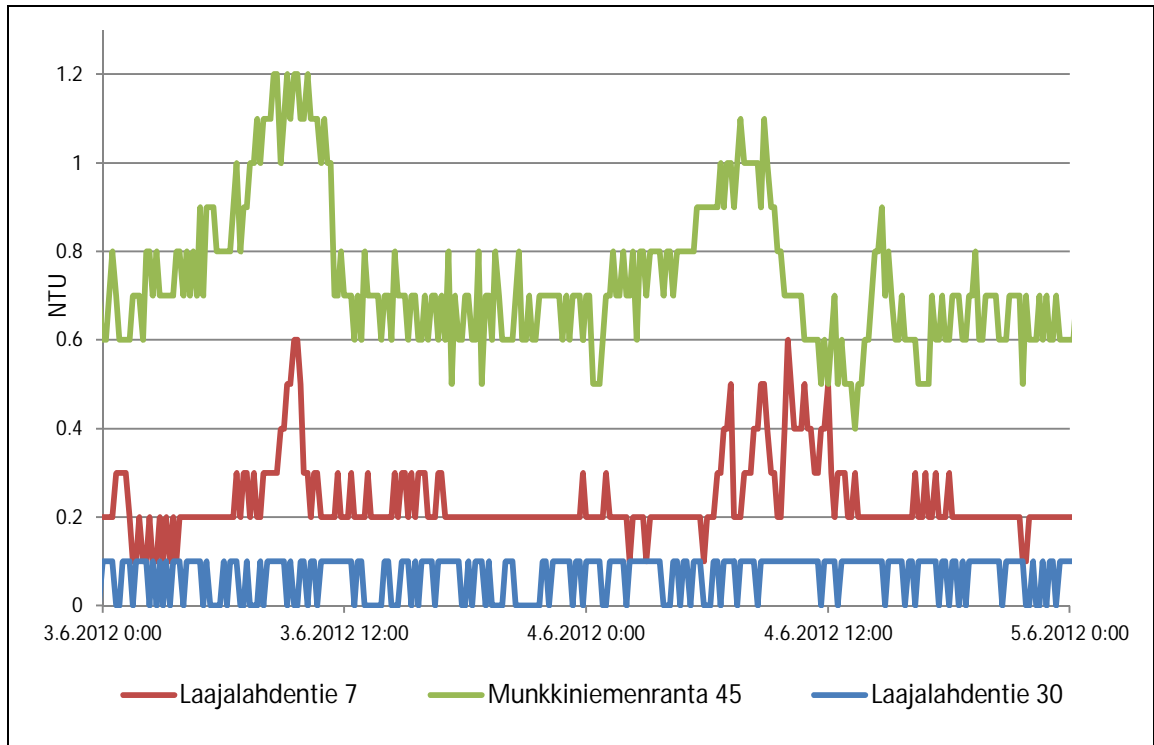
Taulukko 15 Munkkiniemenrannan laatuanalyysitulokset vuosilta 2005 - 2012



Munkkiniemenrannan alueella ei ole tehty saneerauksia ennen vuotta 2013. Sameuden ja sähkönjohtavuuden osalta veden laatu on kuitenkin parantunut vuosien aikana. Tämä johtuu Munkkiniemenrannan päästä, osoitteesta Munkkiniemenranta 45, aloitetusta verkoston juoksutuksesta. Vettä juoksutetaan Munkkiniemenrannan vesijohdon palopostista jatkuvasti ja ajoittain kyseisestä palopostista tehdään isompia verkoston juoksutuksia.

Jatkuvatoimiset mittaukset Munkkiniemenrannan alueella

HSY suoritti Munkkiniemenrannan alueella jatkuvatoimisia veden laatumittauksia, joilla varmistetaan oletukset veden laadun vaihtelusta oikeiksi Munkkiniemenrannan alueella. Lisäksi mittauksilla tarkastellaan aiheuttavatko vuoden ajat vaihtelua veden laadussa. Jatkuvatoimiset mittarit asennettiin Munkkiniemenrannan vedenjakeluverkostossa kolmeen kohteeseen, joissa veden laatua mitattiin noin kahden viikon ajan. Ensimmäiset mittaukset suoritettiin touko-kesäkuussa 2012 ja toiset elokuussa 2012. Jatkuvatoimisilla mittauksilla arvioitiin verkostoveden laatua veden sameuden, happipitoisuuden, johtokyvyn, pH:n ja lämpötilan mukaan. Tässä tarkastelussa käsitellään ainoastaan sameutta, joka kuvaa hyvin verkostoveden laatua. Kuvan 26 käyristä nähdään, että Munkkiniemenrannan päässä (osoitteessa Munkkiniemenranta 45) veden laatu on selvästi huonompaa kuin Laajalahdentien mittauspisteissä.

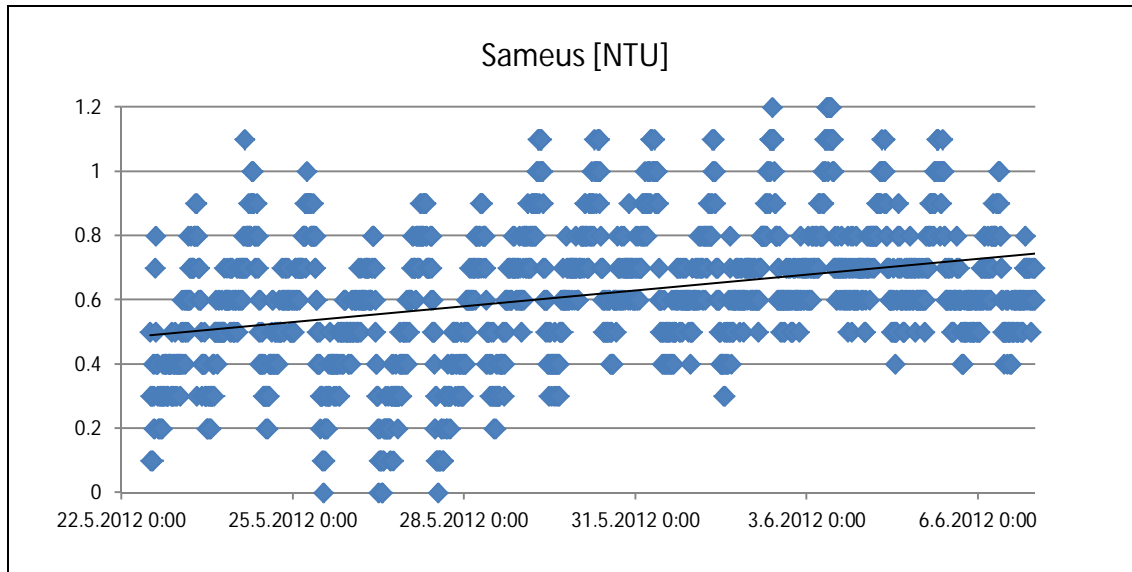


Kuva 26 Munkkiniemenrannan jatkuvatoimisten mittausten sameustulokset

Sen lisäksi, että Munkkiniemenranta 45:n mittauspisteessä verkostoveden sameuspitoisuus on korkeammalla tasolla kuin muissa pisteissä, se myös vaihtelee paljon enemmän kuin muualla. Verkostoveden laatu vaihtelee vuorokauden ajan mukaan sekä Munkkiniemenranta 45 ja Laajalahdentie 7 mittauspisteissä. Aamuyöllä veden laatu on hyvällä tasolla, mutta aamulla vedenkulutuksen kasvaessa myös sameus tarkastelupisteissä nousee. Sameus saavuttaa huippuarvonsa aamupäivän aikana ja paranee nopeasti laskien normaalille tasolle. Tällä tasolla sameus pysyy koko päivän ja yön, kunnes lähtee jälleen nousemaan seuraavana aamuna.

Sameuden nouseminen huippuarvoonsa aamupäivällä kertoo siitä, että verkostoveden laatu ei ole heikoimmillaan Munkkiniemenrannan päässä. Jos veden laatu olisi heikointa siellä, se näkyisin yllä olevassa kuvaajassa piikkinä aamuyön tunteina, jolloin veden käyttö on minimissä. Aamun runsas vedenkäyttö saa veden liikkeelle myös niistä vedenjakeluverkoston umpipäissä, joissa vesi on seisonut yön ajan. Kun sameus saavuttaa huippuarvonsa mittauspisteissä, voidaan olettaa, että Munkkiniemenrannan vedenjakeluverkoston vesi on vaihtunut kaikissa verkoston osissa. Tarkasteltaessa tätä tulosta syyskuussa 2012 tehtyyn asiakaskyselyyn voidaan päätellä, että veden laatuongelmat ovat pahimmillaan Ritakalliontiellä. Tältä alueelta saatujen vapaiden palautteiden perusteella tämän alueen asiakkaat ovat huomanneet eniten laatuhäiriöitä talousvedessä.

Kuvassa 27 on esitetty mittaustulokset Munkkiniemenranta 45 yli kahden viikon ajalta.



Kuva 27 Munkkiniemenranta 45:n sameustulokset

Tarkasteltaessa lähemmin Munkkiniemenranta 45:n jatkuvatoimisten mittausten sameustuloksia nähdään, että veden sameudessa on 0,7 NTU:n ero riippuen siitä, mihin kellonaikaan näyte on otettu. Käytettäessä saneerausten vaikuttavuuden arvioinnin perusteena verkostoveden laadun kehittymistä, vaikuttaa näytteenottoaika tulokseen huomattavasti. Päivien korkeimmat arvot mitattiin klo 7 - 10 välillä ja matalimmat klo 12 - 14 välisenä aikana. Kuvasta 26 nähdään, että otettaessa Munkkiniemenrannan näytteenottopaikasta vesianalyysinäyte klo 10:10, saadaan sameuden pitoisuudeksi 1,2 NTU ja jos näyte haetaan samana päivänä klo 12:30, tulokseksi saadaan 0,6 NTU. Tällainen ero vaikuttaa veden laadun analysointiin huomattavasti.

Näin suurta vaihteluväliä ei tietenkään kaikissa HSY:n käyttötarkkailukohteissa ole, kuten kuvasta 26 voidaan todeta, mutta Munkkiniemenrannan kaltaisia kohteita on varmasti muitakin. HSY:n käyttölaboratorion (laadunvalvonta ja -ohjaus -yksikön) mukaan verkostonäytteiden ottoajat kirjataan käsilistoihin, mutta niitä ei syötetä sähköiseen järjestelmään. Verkostonäytteet haetaan klo 9 - 13 välisenä aikana. Näin ollen esimerkiksi nyt käsiteltävän Munkkiniemenrannan sameustuloksista ei tiedetä, ovatko näytteet haettu korkeimman vai pienimmän sameuspitoisuuden aikaan. Tällöin vertailu saneerausten jälkeen tehtävien mittausten kanssa ei ole täysin yksiselitteistä.

Munkkiniemenrannan saneerausten vaikuttavuuden arvioiminen Kulosaaren ja Lauttasaaren tulosten perusteella

Tulevien Munkkiniemenrannan verkostosaneerauksilla saavutettavien laatutulosten kehittymistä arvioidaan seuraavaksi Kulosaaren ja Lauttasaaren tulosten perusteella. Munkkiniemenrannan saneeraus toteutetaan pääasiassa betonoimalla olemassa olevat vedenjakeluverkostot. Lisäksi alueen verkoston virtausolosuhteita parannetaan yhdistämällä Munkkiniemenrannan ja Ritakalliontien vesijohdot rengasyhteydeksi uudella rakennettavalla vesijohdolla. Pääasiassa saneerausmenetelmänä on betonointi ja näin ollen tehtävä saneeraus on vertailukelpoinen Kulosaaren ja Lauttasaaren saneerauksien kanssa.

Sameus

Sameuden osalta Munkkiniemenrannan laatuanalyysitulokset ennen saneerausta ovat huomattavasti huonommat verrattaessa niitä Kulosaaren ja Lauttasaaren vastaavien aikojen tuloksiin. Sameustulokset on esitetty taulukossa 16.

Taulukko 16 Sameuden vertailua saneerauskohteiden välillä

		minimi [NTU]	maksimi [NTU]	keskiarvo [NTU]
Kulosaari	ennen	0,1	0,33	0,23
	jälkeen	0,1	0,33	0,16
Lauttasaari (06)	ennen	0,12	0,37	0,22
	jälkeen	0,1	0,23	0,15
Munkkiniemenranta	ennen	0,19	4,48	0,48
	<i>jälkeen (arvioitu)</i>	<i>0,1</i>	<i>0,4</i>	<i>0,3 (0,2)</i>

Taulukosta nähdään, että Munkkiniemenrannan näytteenottopaikan sameuden keskiarvo on yli HSY:n määrittelemän sameuden uusintänäytteenottoarvon yläpuolella. Munkkiniemenrannan sameustulosten korkein arvo on todella suuri 4,48 NTU ja yli 1 NTU arvoja näytteenottopaikasta on analysoitu muutamia vuoden 2005 jälkeen. Näin korkeita sameuspitoisuuksia ei ollut esiintynyt Kulosaaren eikä Lauttasaaren verkostossa ollenkaan vuoden 2005 jälkeen. Munkkiniemenrannan sameuspitoisuuden keskiarvokin on suurempi kuin Kulosaaren ja Lauttasaaren ennen saneerauksia mitattu sameuden maksimipitoisuus. Tämä kertoo, että Munkkiniemenrannan alueen verkoston veden laatu on ajoittain merkittävästi huonompaa kuin vertailukohteissa.

Taulukkoon 16 on myös arvioitu Kulosaaren ja Lauttasaaren tulosten perusteella taso, johon Munkkiniemenrannan sameus todennäköisesti asettuu. Keskiarvo on määritetty suoraan Kulosaaren ja Lauttasaaren keskiarvojen ennen ja jälkeen mitatuista keskiarvoista ja niiden perusteella on laskettu Munkkiniemenrannalle uusi keskiarvo. Keskiarvo tulee todennäköisesti olemaan parempi, sillä saneerausten ansioista voidaan olettaa, että yli yhden NTU:n sameuksia ei analyysinäytteissä enää havaita. Tällöin saneerausten jälkeiseksi keskiarvoksi tulisi 0,2 NTU.

Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuutta arvioidaan samoin perustein kuin sameutta näiden kolmen alueen välillä. Taulukkoon 17 on koottu alueiden sähkönjohtavuuden raja-arvoja ennen ja jälkeen saneerausten.

Taulukko 17 Sähkönjohtavuuden vertailua saneerauskohteiden välillä

		minimi [mS/m]	maksimi [mS/m]	keskiarvo [mS/m]
Kulosaari	ennen	16,3	17,2	16,7
	jälkeen	15,3	17,4	16,0
Lauttasaari (06)	ennen	15,9	16,5	16,2
	jälkeen	15	16,2	15,5
Munkkiniemenranta	ennen	14,1	17,1	15,8
	jälkeen (arvioitu)	13	16	14,5

Taulukosta nähdään, että Munkkiniemenrannan näytteenottopaikan sähkönjohtavuuden arvot eivät eroa niin suuresti Kulosaaren ja Lauttasaaren tuloksista kuin sameuden arvot. Munkkiniemenrannan sähkönjohtavuuden keskiarvo on jopa pienempi kuin Kulosaaren saneerausten jälkeen mitattu keskiarvo. Kulosaarella ja Lauttasaaren saneerausten vaikutuksesta sähkönjohtavuuden keskiarvo on pudonnut 0,7 mS/m, joten samansuuruista veden laadun parantumista voidaan olettaa myös Munkkiniemenrannassa.

pH

Kulosaaren ja Lauttasaaren vedenjakeluverkostot saneerattiin betonoimalla. Betonoinnin vaikutuksesta veden pH nousee, sillä betonin pH on emäksinen. Tämä nähdään myös taulukosta 18, johon koottu sameuden ja sähkönjohtavuuden tavoin tehtyjen saneerausten raja-arvot ennen ja jälkeen saneerausten sekä Munkkiniemenrannan pH-arvot viime vuosilta.

Taulukko 18 pH vertailua saneerauskohteiden välillä

		minimi	maksimi	keskiarvo
Kulosaari	ennen	8,19	8,45	8,3
	jälkeen	8,1	8,8	8,4
Lauttasaari (06)	ennen	7,98	8,25	8,2
	jälkeen	8,1	8,4	8,3
Munkkiniemenranta	ennen	8	8,26	8,1
	jälkeen (arvioitu)	8,1	8,5	8,2

Munkkiniemenrannan pH on hyvin samalla tasolla kuin Kulosaaren ja Lauttasaaren arvot ennen saneerauksia. Tulosten perusteella voidaan olettaa, että veden pH tulee nousemaan saneerausten jälkeen.

Kloori

Kulosaaren ja Lauttasaaren laatuanalyysitulosten perusteella arvioitiin myös klooripitoisuuksien kehittymistä Munkkiniemenrannan näytteenottopaikassa. Taulukossa 19 on yhteenveto saneerausalueiden klooripitoisuuksista.

Taulukko 19 Kloorin vertailua saneerauskohteiden välillä

		minimi [mg/l]	maksimi [mg/l]	keskiarvo [mg/l]
Kulosaari	ennen	0,04	0,08	0,07
	jälkeen	0,03	0,15	0,08
Lauttasaari (06)	ennen	0,01	0,05	0,04
	jälkeen	0,01	0,17	0,05
Munkkiniemenranta	ennen	0	0,09	0,03
	jälkeen (arvioitu)	0	0,2	0,04

Munkkiniemenrannan klooripitoisuus on yleisesti ottaen hieman Kulosaaren ja Lauttasaaren arvoja matalammalla. Munkkiniemenrannan klooripitoisuuden keskiarvo on alhaisemmalla tasolla kuin Kulosaaren klooripitoisuus ennen saneerausta. Munkkiniemen näytteenottopisteessä on analysoitu myös suurin maksimiarvo ennen saneerauksia. Erot näissä tuloksissa ovat kuitenkin suhteellisen pieniä ja voivat johtua verkostoveden päivittäisestä laadun vaihtelusta.

4.4.2 Asiakaskysely

Munkkiniemenrannan alueella suoritettiin asiakaskysely syyskuussa 2012. Kyselyllä kartoitettiin asiakkaiden mielipiteitä HSY:n toiminnasta vesihuollon osalta sekä selvitettiin onko veden laatu asiakkaiden mielestä yhtä heikko kuin veden laatutulokset osoittavat? Alkuvuonna 2012 oli tehty laajempi asiakastyytyväisyyskysely koko HSY:n toiminnasta. Näiden kahden kyselyn tuloksia verrataan keskenään ja arvioidaan, onko verkostoveden laatu ja paine keskimääräistä huonompaa. Munkkiniemenrannan alue rajattiin neljään eri osaan veden laadun perusteella. Alueella 1 veden laatu on varmasti huono, alueella 2 veden laadussa on havaittu ongelmia ja alueilla 3 ja 4 veden laatu on hyvä. Kuvassa 23 on kuvattu aluerajaukset kartalla. Nämä arviot veden laadusta eri alueilla perustuvat edellä esitettyihin jatkuvatoimisiin mittauksiin. Kyselyyn vastattiin asteikolla 1...5, jossa 1 tarkoittaa erittäin huonoa ja 5 erittäin hyvää arvosanaa. Seuraavaksi on käyty läpi tämän työn kannalta oleellisia tuloksia ja kaikki tulokset on esitetty Innolink:n tekemässä esityksessä, joka on raportin liitteenä 4.

Saatujen tulosten perusteella HSY:n kokonaisarvosanaksi Munkkiniemenrannan asukkaat antoivat 4,1 ja alkuvuodesta tehdyssä asiakastyytyväisyyskyselyssä HSY sai arvosanaksi 3,6. Seuraavassa taulukossa (taulukko 20) on esitetty, miten HSY on onnistunut muissa eri toiminnoissaan asiakkaiden mielestä Munkkiniemenrannan asiakaskyselyn ja laajan asiakastyytyväisyyskyselyn perusteella. Kaikkia tätä kyselyä varten

tehtyjä kysymyksiä ei kysytty laajassa asiakastyytyväisyyskyselyssä ja ne ovat merkitty taulukkoon.

Taulukko 20 HSY:n onnistuminen asiakkaiden mielestä eri asiakaskyselyissä. Kyselyssä asteikko oli 1...5, jossa 5 kuvaa erittäin hyvää arvosanaa

	Munkkiniemenrannan asiakaskysely	laaja asiakastyytyväisyys- kysely
Vesi on hajutonta ja mau- tonta?	4,6	4,3
Vedenpaine on riittävä?	4,6	ei kysytty
Vesi on kirkasta?	4,6	4,4
Suunnitelluista vesikat- koista tiedotetaan hyvissä ajoin?	4,4	3,7
Vesikatkoista ei ole ollut suurta haittaa?	4,3	ei kysytty

Yllä olevasta taulukosta nähdään, että Munkkiniemenrannan alueen asukkaat ovat keskimääräistä tyytyväisempiä HSY:n palvelun laatuun kuin muut HSY:n toiminta-alueella asuvat ihmiset. Veden laatuongelmat eivät tule esiin asiakaskyselyssä, eikä se ole näin ollen käyttökelpoinen työkalu saneerausten kohdentamisessa. Alla olevassa taulukossa 21 on vertailtu, miten eri veden laatualueilla asuvien asiakkaiden mielipiteet eroavat toisistaan.

Taulukko 21 Eri alueilla asuvien asiakkaiden mielipiden vertailu HSY:n onnistumisesta

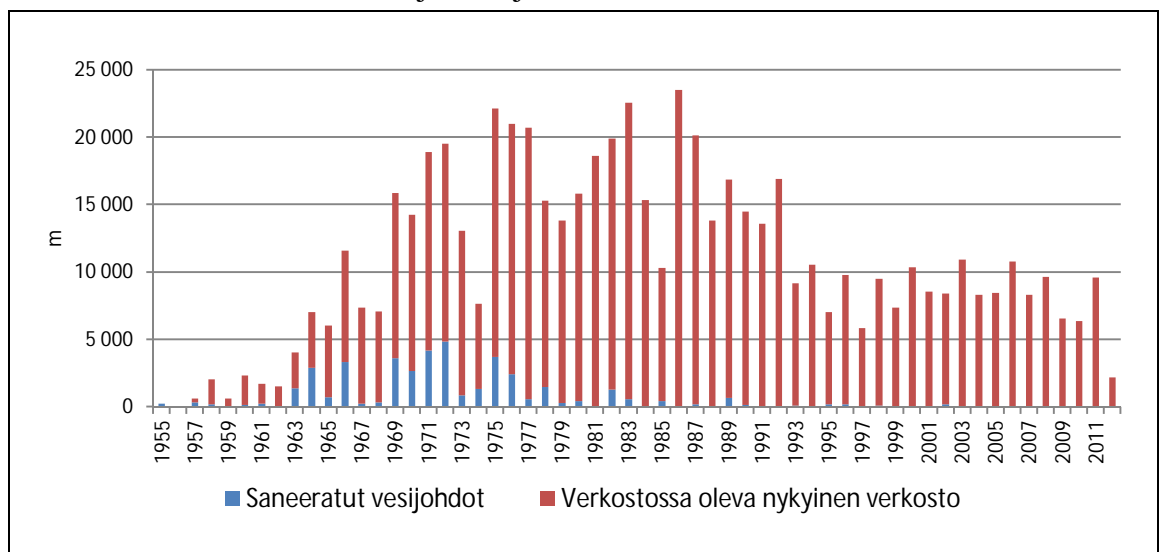
	Keskiarvo	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4
Vesi on hajutonta ja mau- tonta?	4,6	4,5	4,6	4,6	4,6
Vedenpaine on riittävä?	4,6	4,4	4,6	4,7	4,6
Vesi on kirkasta?	4,6	4,5	4,6	4,6	4,6
Suunnitelluista vesikat- koista tiedotetaan hyvissä ajoin?	4,4	4,3	4,4	4,5	4,4
Vesikatkoista ei ole ollut suurta haittaa?	4,3	4,2	4,4	4,3	4,3

Taulukon 21 perusteella nähdään, että alueen 1 asukkaat ovat hieman tyytymättö-
mämpiä verkostoveden laatuun ja etenkin paineeseen kuin muiden alueiden asukkaat. Jokainen alueen 1 arvo on vähintään 0,1 yksikköä huonompi kuin kyselyn keskiarvo. Muiden alueiden keskiarvot ovat hyvin lähellä koko kyselyn keskiarvoa. Tämän kyselyn perusteella alueella 1 on hieman huonompi verkostoveden laatu ja painetaso verrattuna muuhun Munkkiniemenrannan alueisiin. Erot ovat kuitenkin hyvin pieniä ja yleisesti tulokset ovat erittäin hyvät.

4.5 Vantaan verkostosaneerausten arvioiminen

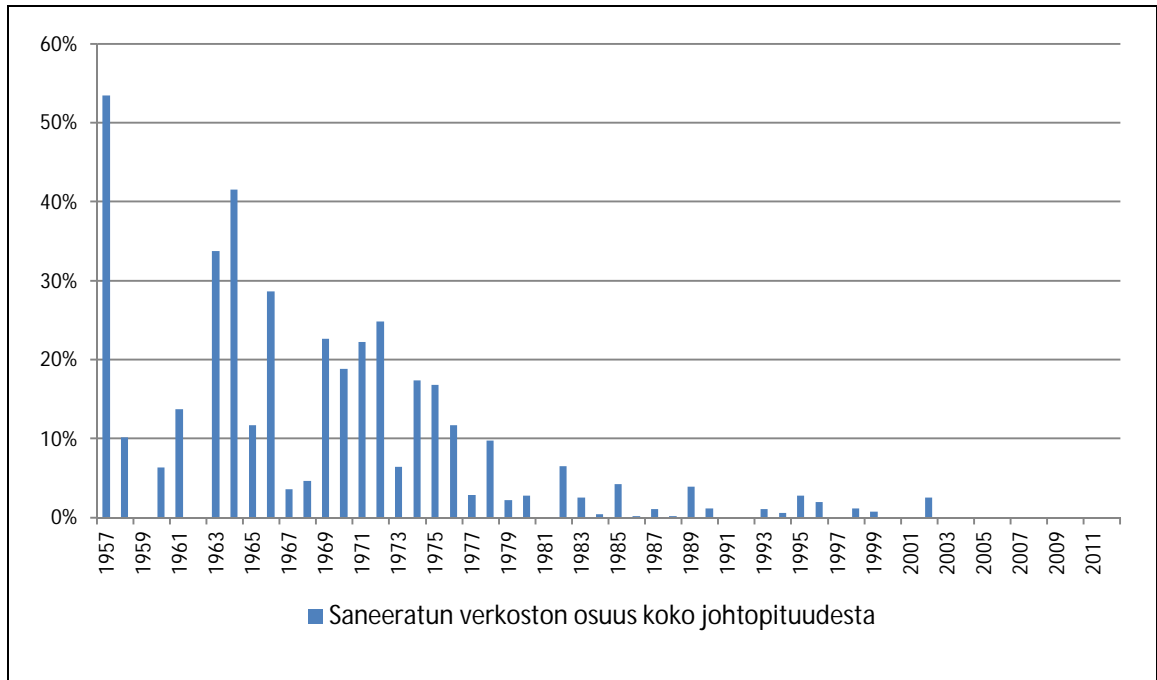
Seuraavaksi arvioidaan Vantaan vesijohtoverkostossa vuosina 1999 - 2012 tehtyjä saneerauksia painepiirikohtaisesti. Vantaan vesijohtoverkostossa on viisi painepiiriä Tikkurila, Myyrmäki, Keimola, Korso ja Hakunila. Näistä painepiireistä tässä työssä keskityttiin ainoastaan Tikkurilan, Myyrmäen ja Korson painepiireihin. Hakunilan painepiirin ohjaustapoja on vuosien varrella muutettu, joten se jätettiin tarkastelun ulkopuolella.

Vantaan vesijohtoverkoston tietojen mukaan pääosa verkostosta on rakennettu 70- ja 80-luvuilla. Kuvassa 28 on esitetty Vantaan verkoston vesijohtojen rakennusvuodet. Kuvan mukaan nykyisin ei olisi käytössä ennen 1950-lukua käyttöönotettuja vesijohtoja. Verkoston tietojen mukaan Vantaan verkostossa on kuvassa 28 esitettyjen vesijohtojen lisäksi noin 38,5 kilometriä vesijohtoa, jonka rakennusvuotta ei ole tiedossa.



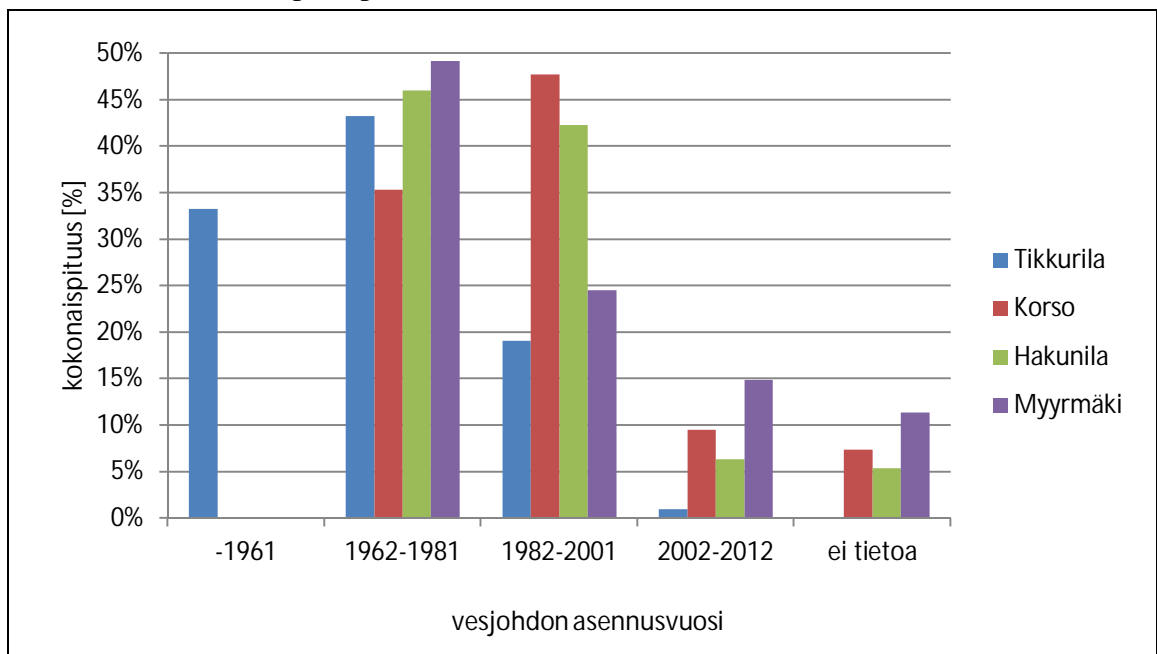
Kuva 28 Vantaan vesijohtoverkoston asennusvuodet

Kuvassa 29 on esitetty saneerattujen vesijohtojen osuus kyseisenä vuonna rakennetusta verkostopituudesta. Kuvasta 29 nähdään, että vesijohtoverkostosaneeraus on painottunut vuoden 1957, 60-luvun puolen välin (v. 1963 - 1964 ja 1966) sekä vuosien 1969 - 1972 vesijohtoihin. Vuoden 1957 vesijohdoista on saneerattu 53 %, vuoden 1964 vastaava luku on 42 % ja vuonna 1964 asennetuista vesijohdoista on saneerattu 34 %. Vuoden 1957 vesijohdot on saneerattu keskimäärin vuonna 2010, vuoden 1964 vesijohdot vuonna 2004 ja vuoden 1963 vesijohdot vuonna 2006. Tästä saadaan laskettua, että vesijohtojen ikä on saneeraushetkellä vastaavasti ollut keskimäärin 52 vuotta, 40 vuotta ja 43 vuotta. Olettaen, että saneeratut vesijohdot ovat tulleet valitukset niiden huonokuntoisuuden perusteella, joten näinä vuosina rakennetut vesijohdot ovat käytössä olevista vesijohdoista heikkokuntoisimpia.

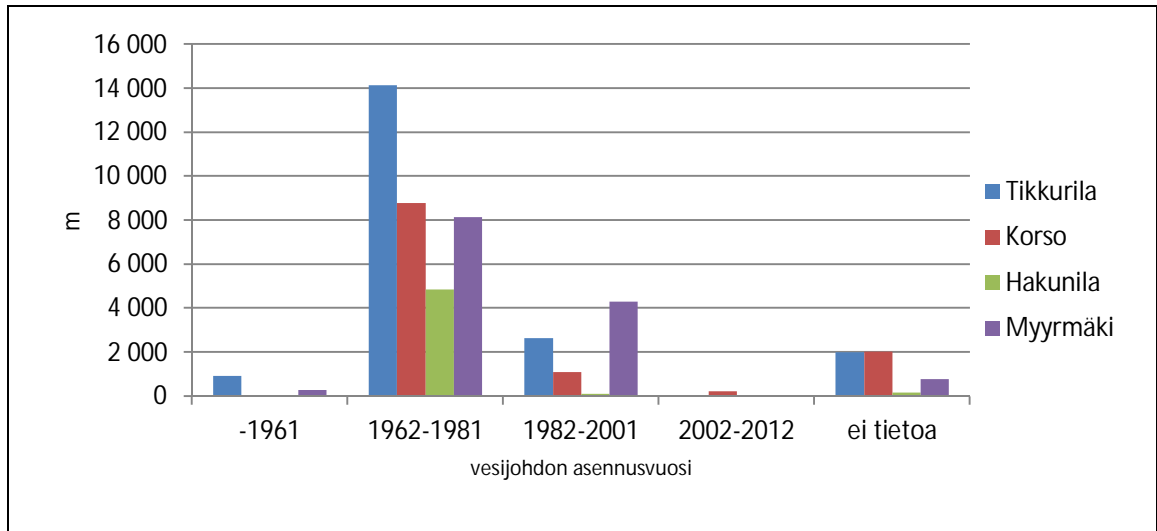


Kuva 29 Vantaan vesijohtoverkoston saneerausmäärät suhteessa verkoston pituuteen

Käytössä olevaa verkostodataa saneerausten osalta analysoitiin vuosittain ja Vantaalla ei ole kohdistettu vuosittaisia saneerauksia tiettyjen vuosien tai vuosikymmenten aikana rakennettuihin vesijohtoihin. Tällöin ei pystytä analysoimaan minkä ikäisten vesijohtojen saneerauksella olisi päästy parhaimpaan tulokseen tarkasteltavien mittareiden osalta. Kuvissa 30 ja 31 on esitetty käytössä olevien vesijohtojen asennusvuodet sekä saneerausmäärät painepiireittäin.

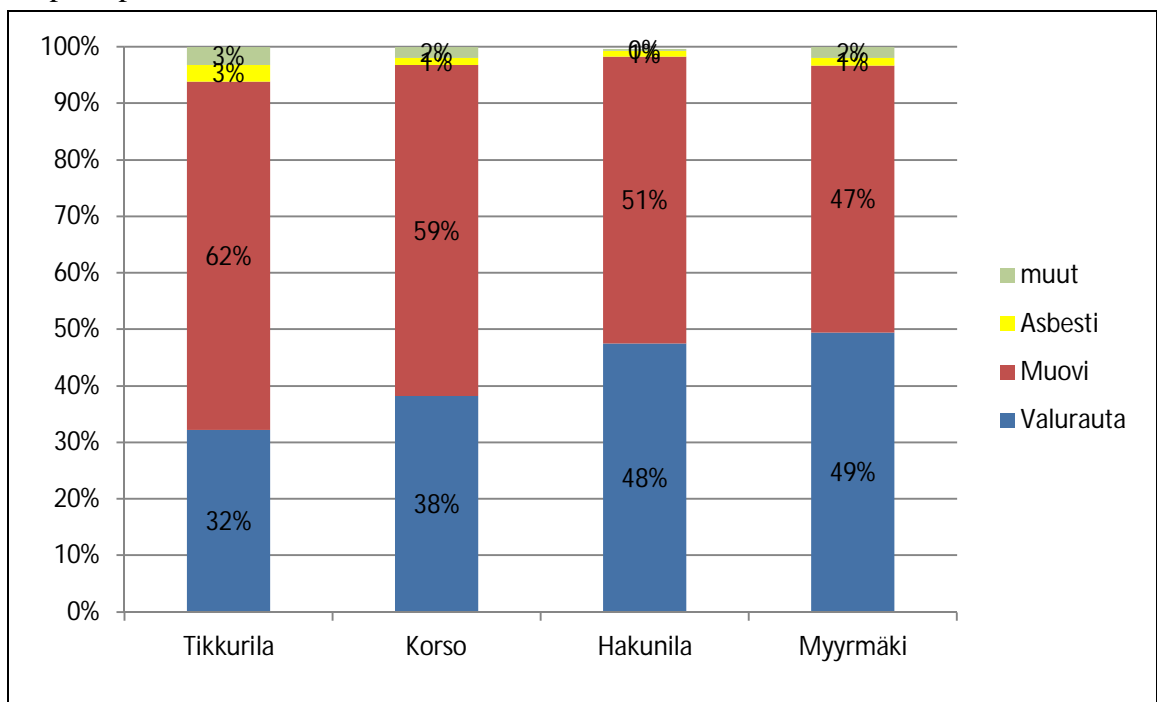


Kuva 30 Vesijohtojen asennusvuodet ja niiden osuudet verkoston kokonaispituudesta painepiireittäin



Kuva 31 Vesijohtojen saneerausmäärät asennusvuosittain eri painepiireissä

Pääasiassa Vantaan vedenjakeluverkosto on materiaaliltaan valurautaa tai muovia. Muoviputkina on käytetty sekä polyeteeni- (PE) ja polyvinyylidikloridiputkia (PVC). Myös asbestiputkia on käytetty jonkin verran vesijohtoverkostossa. Lisäksi verkostossa on hieman teräs- ja betoniputkia. Kuvassa 32 on esitetty verkostomateriaalien jakauma eri painepiireissä.

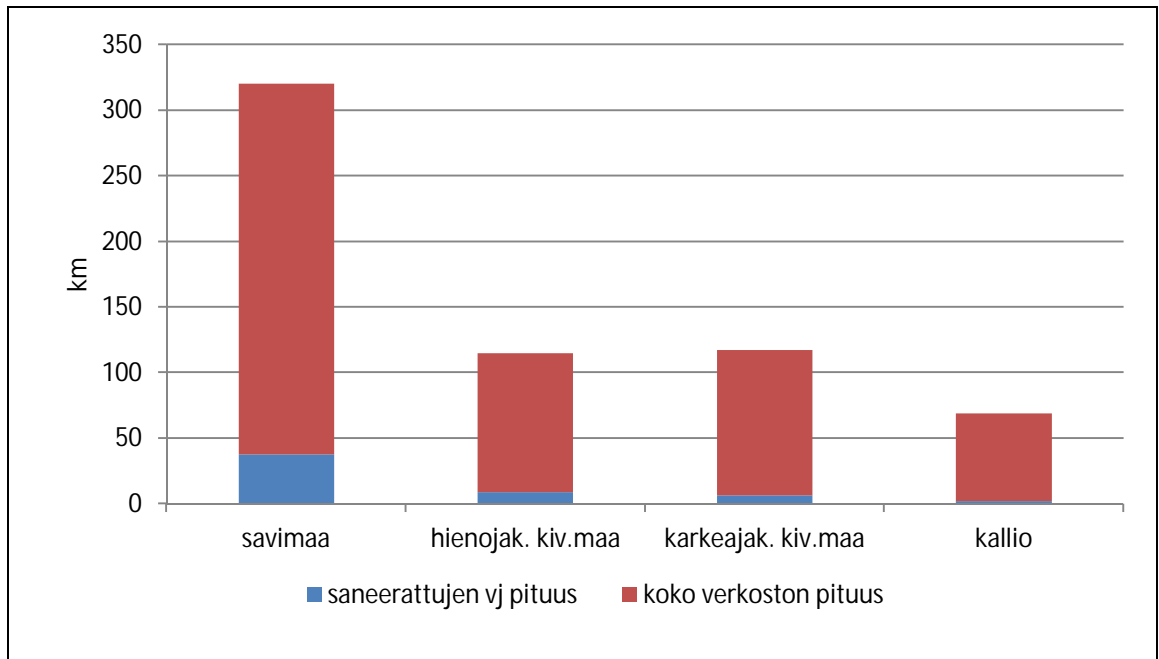


Kuva 32 Vesijohtoverkoston materiaali-jakauma painepiireittäin

Maaperän vaikutus putkirikkoihin

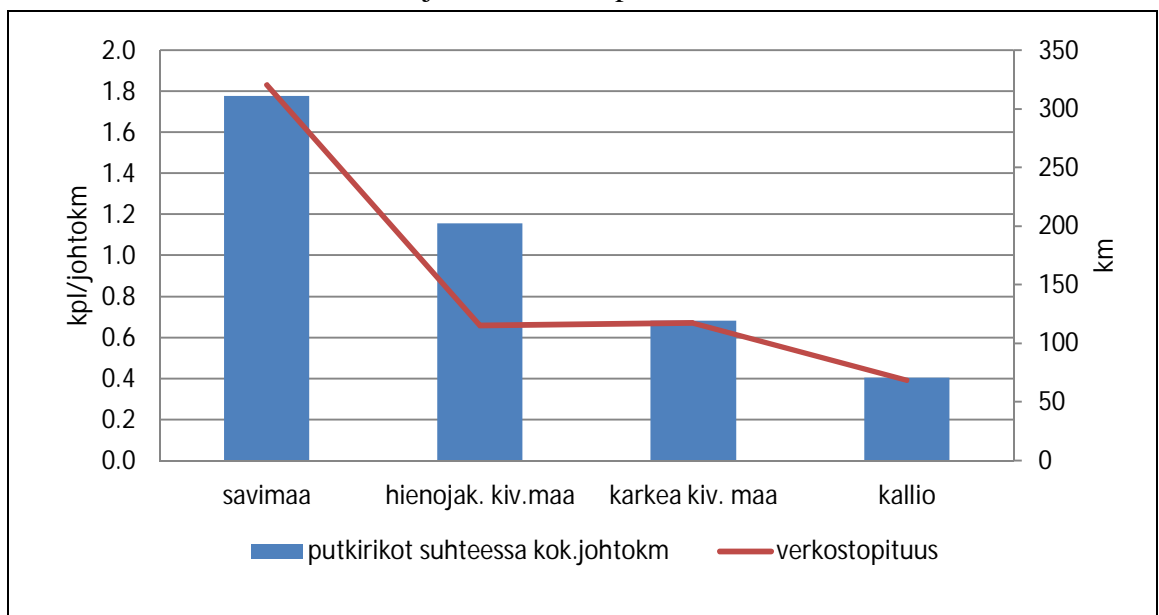
Vantaan maaperä vaihtelee kallio- ja moreenipintaista mäkialueista laajoihin savikko-laaksoihin. Tikkurilan - Viertolan alue on rakentunut tällaiselle laajalle savikkoalueelle, mikä on yksi syy siihen, että suurin osa Vantaan vesijohtoverkostosta on rakennettu savimaahan. Tällöin myös suurin osa verkoston saneerauksista tehdään tähän maala-

jiin rakennettuihin vesijohtoihin. Kuvassa 33 on esitetty saneerattujen vesijohtojen ja verkoston kokonaispituus eri maalajiryhmissä.



Kuva 33 Vesijohtoverkoston ja saneerattujen vesijohtojen pituudet eri maalajiryhmissä

Kuvasta 34 nähdään, että hienojakoisemmassa maaperässä tapahtuu enemmän putkirikkoja kuin karkeajakoisessa maaperässä. Tämä ilmenee erityisesti verrattaessa kahta keskimmäistä palkkia eli hienojakoisessa ja karkeajakoisessa maaperässä tapahtuneita putkirikkoja keskenään. Molempiin maaperiin on asennettu saman verran vesijohtoverkostoa, mutta hienojakoisessa maaperässä tapahtuu noin 0,5 putkirikkoa enemmän johdotkilometriä kohden kuin karkeajakoisessa maaperässä.



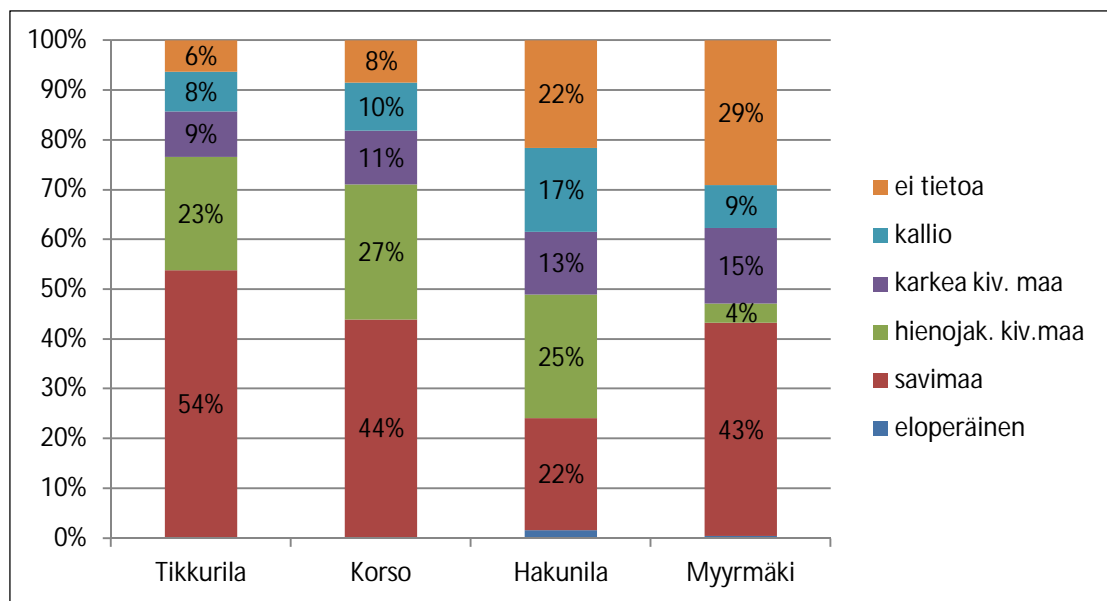
Kuva 34 Putkirikkojen määrä suhteessa kokonaisjohtokilometreihin

Maalajiryhmien rajapinnassa vesijohtojen perustustöiden tekeminen on vaativaa. Putkilinjan kulkiessa lähellä maalajien rajavyöhykettä pohjarakenteet tulee tehdä huolellisesti ja ottaa huomioon eri maalajien erilainen käyttäytyminen vuosikymmenien aikana.

Tarkasteltaessa lähemmin Vantaan verkostossa tapahtuneita putkirikkoja nähdään, että putkirikoista noin 35 prosenttia tapahtuu maalajien rajapinnassa. Maalajin rajapinnassa tapahtuneeksi putkirikoksi on tarkastelussa oletettu maalajien rajapinnassa ja siitä 20 metrin etäisyydellä tapahtuneet putkirikot. Taulukossa 22 on esitetty eri painepiireissä tapahtuneet putkirikot. Kuvassa 35 on kuvattu vesijohtoverkoston jakautuminen eri maalajiryhmien kesken painepiireittäin.

Taulukko 22 Putkirikkojen sijoittuminen maalajien rajapintaan

	putkirikot maalajien rajapinnassa [kpl]	kaikki tapahtuneet putkirikot [kpl]	rajapinnassa tapahtuneiden putkirikkojen osuus
Tikkurila	72	365	20 %
Korso	95	261	36 %
Myyrmäki	71	185	38 %
Hakunila	56	123	46 %



Kuva 35 Verkoston osuus eri maalajiryhmissä

Tikkurilan keskusta on rakentunut laajan savimaan päälle ja suurin osa painepiirin verkostosta sijaitsee savimaalla. Tämä nähdään kuvan 35 diagrammista. Hakunilan painepiirin verkosto on selvästi vaihtelevammalla maaperällä. Jokaisessa painepiirissä on myös kohtia, joilta GTK ei ole määrittänyt maaperäolosuhteita. Myyrmäen painepiirissä lähes 30 prosenttia vesijohtoverkostosta sijaitsee tällaisella alueella.

Tikkurilan verkostossa on tapahtunut yli 15 prosenttiyksikköä vähemmän putkirikkoja maalajien rajapinnassa verrattuna muihin painepiireihin. Etenkin Hakunilan verkostoon verrattaessa ero on yli 25 prosenttiyksikköä. Edellä esitetyssä kappaleessa on kuvattu näiden kahden painepiirin maaperäolosuhteiden erot ja tämän perusteella voidaan sanoa, että maaperärajoilla tapahtuu putkirikkoja sitä enemmän mitä enemmän

maalajien välistä rajapintaa painepiirin alueella on. Jos maalajien raja-pinnassa tapahtuu enemmän putkirikkoja kuin muualla, olisi Hakunilan painepiirissä pitänyt tapahtua painepiireistä eniten putkirikkoja. Näin ei kuitenkaan ole, sillä vuodesta 1999 vuoteen 2012 mennessä Tikkurilassa on tapahtunut selvästi eniten putkirikkoja. Tikkurilassa putkirikkoja on havaittu 1,6 kappaletta johtokilometriä kohden (0,11 kpl/km/v), Hakunilassa ja Korsossa on havaittu 1,3 putkirikkoa johtokilometrillä (0,09 kpl/km/v) ja Myyrmäessä 1,1 putkirikkoa (0,08 kpl/km/v). Tämän tarkastelun perusteella putkirikkoja tapahtuu yhtä paljon riippumatta siitä sijaitseeko vesijohto, jossa putkirikko tapahtui, maalajien rajapinnassa vai ei.

Seuraavaksi analysoidaan Tikkurilan, Myyrmäen ja Korson painepiirien vesijohtoverkostojen saneerauksia vuosittain ja verrataan saneerauksilla saatavia vaikutuksia painepiireihin pumpattuihin vesimääriin, alueen vuotoprosenttiin ja putkirikkomääriin. Saneerauksien kokonaispituuksia verrataan seuraavan vuoden tuloksiin ja tällöin pumpattujen vesimäärien, vuotoprosenttien ja putkirikkojen tulokset on siirretty vuodella taaksepäin, jolloin vertailua on helpompi tehdä arvojen välillä.

4.5.1 Tikkurila

Tikkurilan verkostossa tehtiin vuosina 2000 ja 2001 samantyyppisiä saneerauksia. Molempina vuosina saneerauksia tehtiin eri puolilla aluetta ja saneerauskohteet olivat sekä lyhyitä, alle 100 metriä, sekä pitkiä, yli 100 metriä. Vuonna 2000 saneeraukset kohdistuivat lähinnä suuriin DN300 ja DN400 kokoisiin vesijohtoihin, kun taas vuonna 2001 pääpaino oli pienissä DN100 ja DN150 vesijohdoissa. Vuonna 2001 Tikkurilaan pumpattu vesimäärä kasvoi $0,4 \text{ m}^3/\text{vj. metrillä}$ ja vuonna 2002 kyseinen vesimäärä väheni $1,6 \text{ m}^3/\text{vj. m.}$

Vuonna 2005 saneerattiin Osmankäämintien DN100/DN300 vesijohto noin 700 metrin matkalta. Vuosien 1999 - 2004 aikana vesijohdossa oli havaittu 6 putkirikkoa. Vuotoprosentti putosi seuraavana vuonna noin 7 prosenttiyksikkö ja pumppausmäärätkin $0,8 \text{ m}^3$ jokaista vesijohtometriä kohden vuodessa. Seuraavana vuonna, vuonna 2006, saneerattiin jälleen pieniä vesijohtoja ja Ylästöntien DN200 vesijohto saneerattiin noin 850 metrin matkalta ja kolme lyhyempää kohdetta. Ylästöntien saneerattu vesijohto kulkee lähes koko saneerausmatkan ajan savikon ja kallion sekä moreenin rajapinnassa. Näillä toimilla saatiin sekä vuotoprosenttia että pumppausmääriä pienennettyä edelleen.

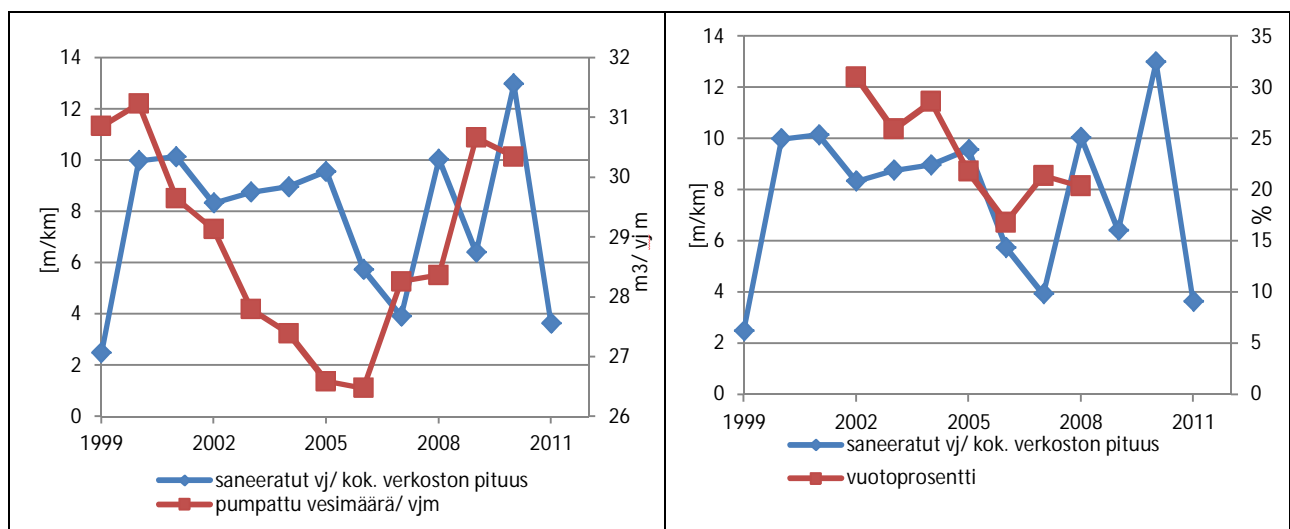
Vuonna 2007 saneerattiin vähän ja vain suuria vesijohtoja, jolloin sekä pumppausmäärät että vuotoprosentti nousi. Vuonna 2010 saneerattiin paljon ja 80 % saneeratuista vesijohdoista oli alle DN200 vesijohtoja. Osa saneerauskohteista oli myös maalajien rajapinnassa. Tämän vuoden jälkeen pumppausmäärätkin laskivat pitkän nousun jälkeen.

Yhteenveto Tikkurilan saneerauksista ja niiden jälkeen tapahtuneista muutoksista on esitetty taulukossa 23 ja 24.

Taulukko 23 Yhteenveto Tikkurilan saneerauksista

vuosi	saneerattujen vesijohtojen koko pääosin	saneerattujen vj kokonaispituus/ vj. verkoston kokonaispituus	pumppausmäärän muutos	vuotoprosentin muutos	putkirikkojen määrän muutos	uusiutumis-aika
2000	DN300, DN400	10,0 m/km	0,4 m ³ /vj.m		- 0,09 kpl/km	100 v
2001	DN100, DN150	10,2 m/km	- 1,6 m ³ /vj.m		0,13 kpl/km	99 v
2002	isoja ja pieniä	8,3 m/km	0,5 m ³ /vj.m		- 0,01 kpl/km	120 v
2003	DN100, DN150	8,8 m/km	- 1,3 m ³ /vj.m	- 5,1 %-yks.	0,05 kpl/km	114 v
2004	isoja ja pieniä	9,0 m/km	- 0,4 m ³ /vj.m	2,7 %-yks.	- 0,12 kpl/km	111 v
2005	isoja ja pieniä	9,6 m/km	- 0,8 m ³ /vj.m	- 6,8 %-yks.	0,05 kpl/km	104 v
2006	DN100, DN200	5,7 m/km	- 0,1 m ³ /vj.m	- 5,0 %-yks.	- 0,07 kpl/km	174 v
2007	DN200, DN300	3,9 m/km	1,8 m ³ /vj.m	4,6 %-yks.	- 0,1 kpl/km	254 v
2008	DN100, DN200	10,0 m/km	0,1 m ³ /vj.m	- 1,0 %-yks.	0,11 kpl/km	100 v
2009	isoja ja pieniä	6,4 m/km	2,3 m ³ /vj.m	6,6 %-yks.	- 0,09 kpl/km	156 v
2010	DN100, DN150	13,0 m/km	- 0,3 m ³ /vj.m		- 0,04 kpl/km	77 v
2011		3,6 m/km			0,01 kpl/km	275 v

Taulukko 24 Saneeraus- ja pumppausmäärien sekä vuotoprosentin kehitys Tikkurilassa



4.5.2 Korso

Vuosien 2000 ja 2001 aikana saneerattiin pieniä vesijohtoja. Vuonna 2000 saneerattiin lähes kaksinkertainen määrä vesijohtoja, jolloin pumppausmäärät saatiin laskemaan kymmenesosaan seuraavaan vuoteen verrattuna. Vuonna 2002 saneerattiin enemmän kuin edellisinä vuosina ja osa saneerauksista sijaitsi savikon ja kallion rajapinnassa, mutta saneerausten vaikutukset eivät ole nähtävissä tarkasteltavissa tunnusluvuissa.

Vuonna 2003 ja 2004 saneerattiin sekä pieniä että isoja vesijohtoja. Vuonna 2003 saneerattiin kymmenenkertaisesti verrattuna seuraavaan vuoteen verrattu. Tällöin myös pumppausmäärät ja vuotoprosentti laski edellisvuodesta, kun taas vuonna 2004 ne nousivat. Vuonna 2005 kyseiset mittarit jatkoivat nousuaan. Vuosien 2004 ja 2005 vesijohdoverkoston uusiutumisajat olivat vastaavasti 593 ja 309 vuotta.

Rekolantien vesijohdossa oli sattunut aikaisempina vuosina putkirikkoja ja johtosuus saneerattiin vuonna 2006. Rekolantien DN300/DN400 vesijohto sijaitsee myös savikon ja moreenin rajalla. Tämän vuoden jälkeen molempien seurattujen mittareiden arvot pienenevät. Seuraavana vuonna saneerattiin sekä pieniä että isoja vesijohtoja, joista osa sijaitsi maalajirajojen reunoilla. Näitä saneerauskohteita ei kuitenkaan saatu kohdistettua riittävän hyvin vaan mittarien arvot nousivat vuoden 2007 jälkeen.

Vuonna 2008 saneerattiin eniten vertailussa olevien vuosien joukosta. Silloin saneerattiin sekä isoja että pieniä vesijohtoja, joista suuri osa sijaitsi maalajien rajavyöhykkeillä. Tällöin myös pumppausmäärät ja vuotoprosentit vähenivät. Seuraavana vuonna saneerattiin kymmenesosa edellisvuodesta, jolloin käytettävät mittarit kääntyivät jälleen nousuun.

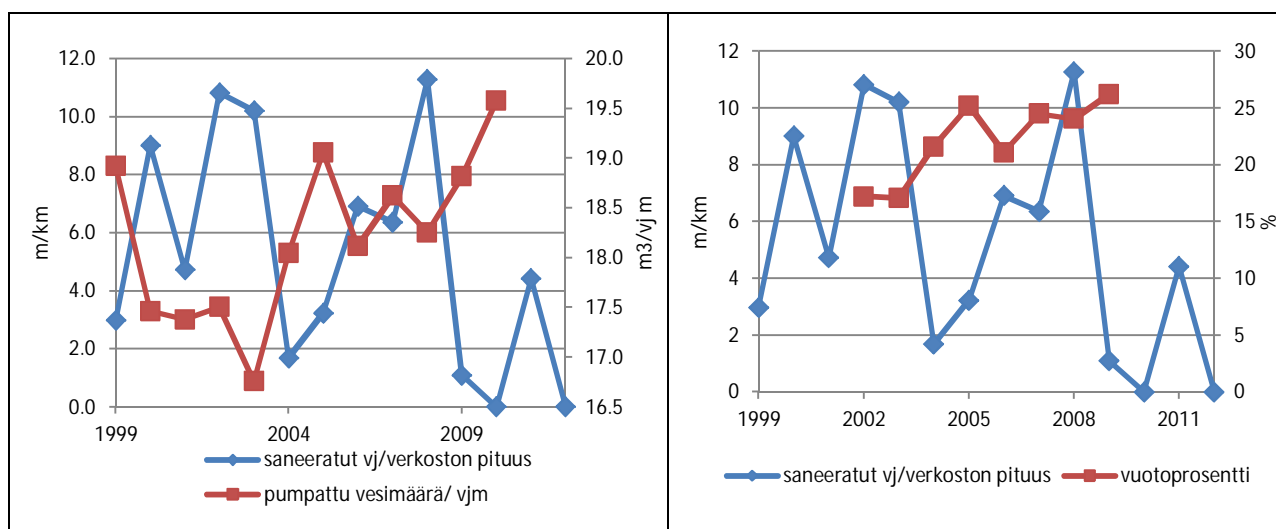
Yhteenveto Korson saneerauksista ja niiden jälkeen tapahtuneista muutoksista on esitetty taulukossa 25 ja 26.

Taulukko 25 Yhteenveto Korson saneerauksista

vuosi	saneerattujen vesijohtojen koko pääosin	saneerattujen vj kokonaispituus/ vj. verkoston kokonaispituus	pumppausmäärän muutos	vuotoprosentin muutos	putkirikkojen määrän muutos	uusiutumisaika
2000	DN100, DN150	9,0 m/km	- 1,5 m ³ /vj.m		- 0,13 kpl/km	111 v
2001	DN100, DN200	4,7 m/km	- 0,1 m ³ /vj.m		0,14 kpl/km	212 v
2002	DN100, DN150	10,8 m/km	0,1 m ³ /vj.m		0,06 kpl/km	92 v
2003	pieniä ja isoja	10,2 m/km	- 0,7 m ³ /vj.m	- 0,1 %-yks.	- 0,02 kpl/km	98 v
2004	DN100, DN300	1,7 m/km	1,3 m ³ /vj.m	4,5 %-yks.	0 kpl/km	593 v
2005	DN100	3,2 m/km	1,0 m ³ /vj.m	3,6 %-yks.	- 0,06 kpl/km	309 v
2006	isoja ja pieniä	6,9 m/km	- 0,9 m ³ /vj.m	- 4,1 %-yks.	- 0,10 kpl/km	145 v
2007	pieniä ja isoja	6,4 m/km	0,5 m ³ /vj.m	3,4 %-yks.	0,05 kpl/km	157 v
2008	isoja ja pieniä	11,3 m/km	- 0,4 m ³ /vj.m	- 0,5 %-yks.	0,01 kpl/km	89 v
2009	DN150, DN200	1,1 m/km	0,6 m ³ /vj.m	2,2 %-yks.	- 0,01 kpl/km	913 v

2010	0	0 m/km	0,8 m ³ /vj.m	0,12 kpl/km	-
2011	DN100, DN600	4,4 m/km		- 0,19 kpl/km	226 v

Taulukko 26 Saneeraus- ja pumppausmäärien sekä vuotoprosentin kehitys Korsossa



4.5.3 Myyrmäki

Vuonna 2000 - 2002 Myyrmäen vesijohtoverkostoa saneerattiin vähän tai ei ollenkaan. Tällöin verkostoon pumpatut vesimäärät sekä vähenivät että kasvoivat. Vuonna 2003 saneerattiin sekä pieniä että isoja vesijohtoja yli 1 % koko painepiirin vesijohdoista. Pumppausmäärät sekä vuotoprosentti pieneni seuraavaksi vuodeksi. Isot vesijohdot sijaittivat maalajirajoilla.

Vuosien 2004 - 2007 aikana tehtiin yksittäisiä saneerauksia ympäri Myyrmäkeä. Vuonna 2005 verkostossa saneerattiin ainoastaan yhtä vesijohtoa, Vantaanlaaksontien jatkeella oleva DN300 vesijohto, jossa oli aiemmin havaittu verkostovuotoja. Näiden vuosien aikana tehdyt saneeraukset heikensivät verkoston kuntoa hieman tarkasteltavien mittareiden perusteella.

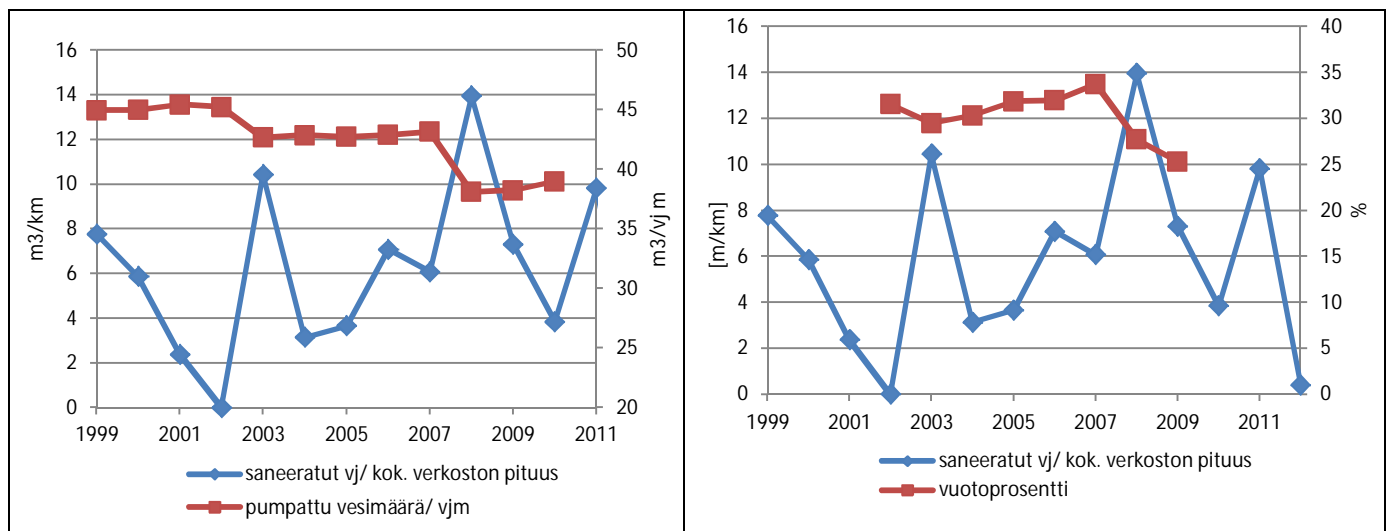
Vuonna 2008 Myyrmäen vesijohtoverkostoa saneerattiin lähes 1,5 % verran koko painepiirin verkostosta ja melkein koko saneerausmatka kohdistettiin Vantaanlaaksontien DN300 vesijohtoon. Saneeratussa vesijohdossa oli esiintynyt useita putkirikkoja ennen saneerausvuotta. Tämä saneeraus laski vuotoprosenttia 6 prosenttiyksiköllä 34 prosentista 28 prosenttiin ja pumppausvesimäärä pienentyi noin 5 m³ jokaista painepiirin vesijohdotometriä kohden. Saneerattu vesijohto sijaitsee kallion ja savikkomaan rajalla. Vuonna 2009 Vantaanlaaksontien vesijohdon saneerausta jatkettiin pohjoista kohden ja vuotoprosentti jatkoi laskemistaan lähelle 25 prosenttia. Painepiiriin pumpattu vesimäärä ei kuitenkaan vähentynyt vuodesta 2008, vaikka vuotoprosentti väheni huomattavasti.

Yhteenveto Myyrmäen saneerauksista ja niiden jälkeen tapahtuneista muutoksista on esitetty taulukossa 27 ja 28.

Taulukko 27 Yhteenveto Myyrmäen saneerauksista

vuosi	saneerattujen vesijohtojen koko pääosin	saneerattujen vj kokonaispituus/ vj. verkoston kokonaispituus	pumppausmäärän muutos	vuotoprosentin muutos	putkirikkojen määrän muutos	uusiutumisaika
2000	DN100	5,9 m/km	0,0 m ³ /vj.m		- 0,15 kpl/km	170 v
2001	DN100	2,4 m/km	0,5 m ³ /vj.m		0,19 kpl/km	421 v
2002	0	0 m/km	- 0,2 m ³ /vj.m		- 0,04 kpl/km	-
2003	pieniä ja isoja	10,4 m/km	- 2,5 m ³ /vj.m	- 2,1 %-yks.	- 0,16 kpl/km	96 v
2004	DN100, DN150	3,1 m/km	0,2 m ³ /vj.m	0,8 %-yks.	0,04 kpl/km	319 v
2005	DN300	3,7 m/km	- 0,1 m ³ /vj.m	1,5 %-yks.	0,04 kpl/km	273 v
2006	DN150	7,1 m/km	0,2 m ³ /vj.m	0,1 %-yks.	- 0,08 kpl/km	141 v
2007	DN100, DN150	6,1 m/km	0,3 m ³ /vj.m	1,8 %-yks.	0,02 kpl/km	165 v
2008	DN300, DN400	14 m/km	- 5,1 m ³ /vj.m	- 6,0 %-yks.	0,04 kpl/km	72 v
2009	DN200, DN300	7,3 m/km	0,1 m ³ /vj.m	- 2,4 %-yks.	- 0,03 kpl/km	137 v
2010	DN100, DN200	3,8 m/km	0,8 m ³ /vj.m		- 0,04 kpl/km	261 v
2011	DN200, DN300	9,8 m/km	0,8 m ³ /vj.m		- 0,02 kpl/km	102 v

Taulukko 28 Saneeraus- ja pumppausmäärien sekä vuotoprosentin kehitys Myyrmäessä



4.6 Espoon viemäriverkoston saneeraus

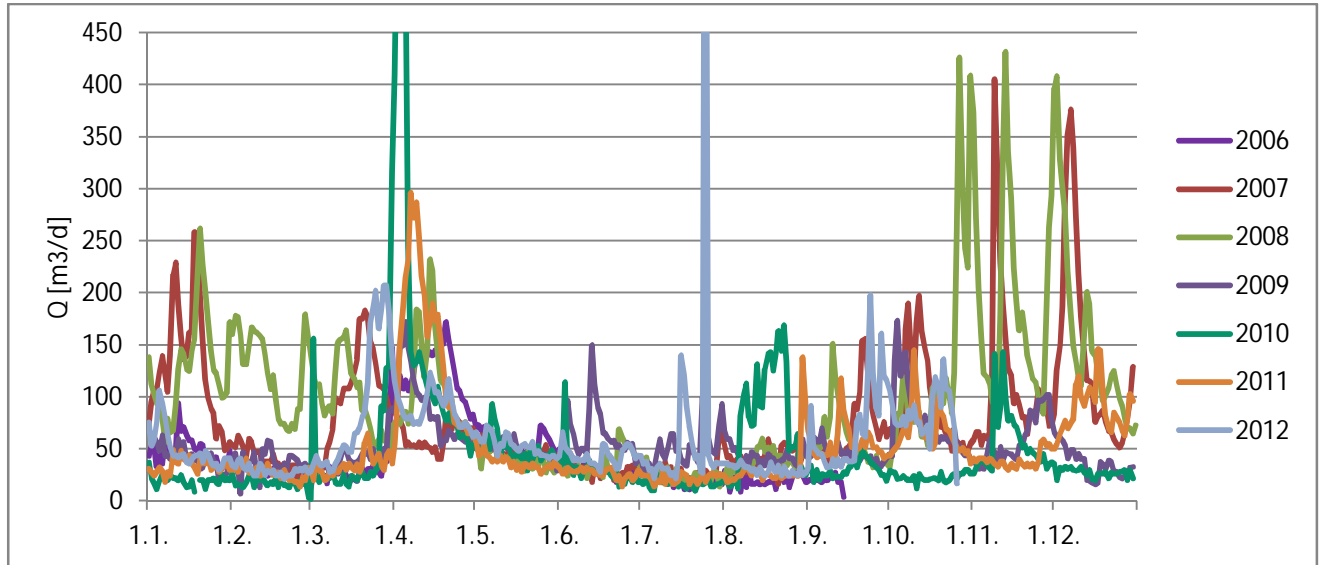
Jätevesiviemäriverkoston saneerausten vaikuttavuutta arvioitiin Espoon viemäriverkostoa analysoimalla. Tarkastelukohteeksi Espoon jätevesiviemäriverkostosta valittiin Jääskentien ja Kirvuntien viettoviemärit. Kyseisten viettoviemärien jätevedet johdetaan Kirvuntien jätevedenpumppaamolle ja siitä paineviemäriin. Kirvuntien pumppaamolle johdetaan ainoastaan näiden katujen 209 asukkaan jätevedet. Jääskentien jätevesiviemärit saneerattiin vuonna 2008 ja Kirvuntien viemärit vuonna 2011. Kuvassa 36 on esitetty kohde kartalla.



Kuva 36 Jääskentien ja Kirvuntien saneeratut jätevesiviemärit sekä v. 2009 rakennettu hulevesiverkosto

Saneeraukset tehtiin vesihuoltolaitoksen omana työnä patkäsujutuksena. Ennen saneerausta viemärit oli kuvattu, mutta saneerausten jälkeen kuvausta ei ole tehty. Saneerauksen yhteydessä ei saneerattu kaivoja. Saneerausalueelle rakennettiin vuonna 2009 hulevesiverkosto, jonne ohjataan lähinnä katujen ja pihojen kuivatusvedet.

Saneerausten vaikuttavuutta analysoitiin vertaamalla Kirvuntien jätevedenpumppaamon vuorokausitasoisia pumppaustietoja vuosien 2006 - 2012 ajalta. Kuvassa 37 on esitetty jätevedenpumppaamon pumppaustiedot näiden vuosien ajalta.



Kuva 37 Kirvuntien jätevedenpumppaamon vuosittaiset pumppaustiedot

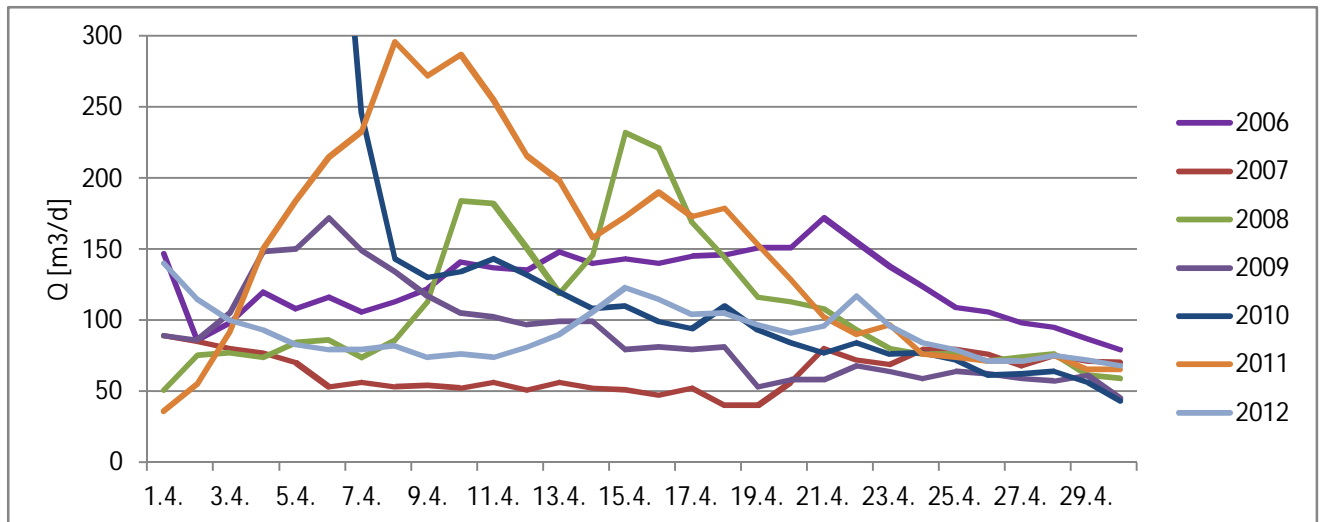
Jääskentien saneeraus tehtiin vuonna 2008. Viemärit saneerattiin 330 metrin matkalta. Vuoden 2011 saneerauksessa Kirvuntien viettoviemäriä saneerattiin 160 metriä. Kirvuntien jätevedenpumppaamon pumppaustietoja tarkasteltiin lähemmin huhtikuun ja toukokuun ajalta.

Huhtikuun pumppausmääriä analysoitaessa tulee hyvin esiin, miten lumen sulaminen vaikuttaa pumppausmääriin. Vuonna 2006 lunta oli huhtikuun alussa Helsingissä lähes 10 cm, josta se sulii kuun puoliväliin mennessä. Vuonna 2007 lumet olivat sulaneet ennen huhtikuun alkua. Seuraava vuosi oli vähäluminen leudon sään vuoksi. Leudon sään vaikutus näkyy alla olevassa taulukossa alkuvuoden korkeina virtaamalukuina suhteessa muiden vuosien virtaamiin. Vuonna 2009 lumiraja oli vetäytynyt huhtikuun puoliväliin mennessä Keski-Suomen korkeudelle, vaikka kuukausi aikaisemmin lunta oli vielä Helsingissä yli kymmenen senttimetriä. Vuosi 2010 oli hyvin samankaltainen edelliseen vuoteen verrattuna. Lunta oli kuitenkin hieman enemmän maaliskuun puolivälissä ja lumiraja oli kuukaudessa noussut korkeammalle kuin vuotta aiemmin. Vuonna 2011 lumipeite oli pääkaupunkiseudulla pitkään. Vielä huhtikuun 15. päivä lunta oli yli 10 cm. Seuraavana vuonna lunta oli maaliskuun puolivälissä yli 25 cm pääkaupunkiseudulla. Kuukautta myöhemmin lumi oli kuitenkin sulanut pois kokonaan.

Taulukossa 29 on esitetty kuukausittaiset sademäärät Kaisaniemen mittausasemalla. Tarkasteltavat kuukaudet ovat esitetty punaisella.

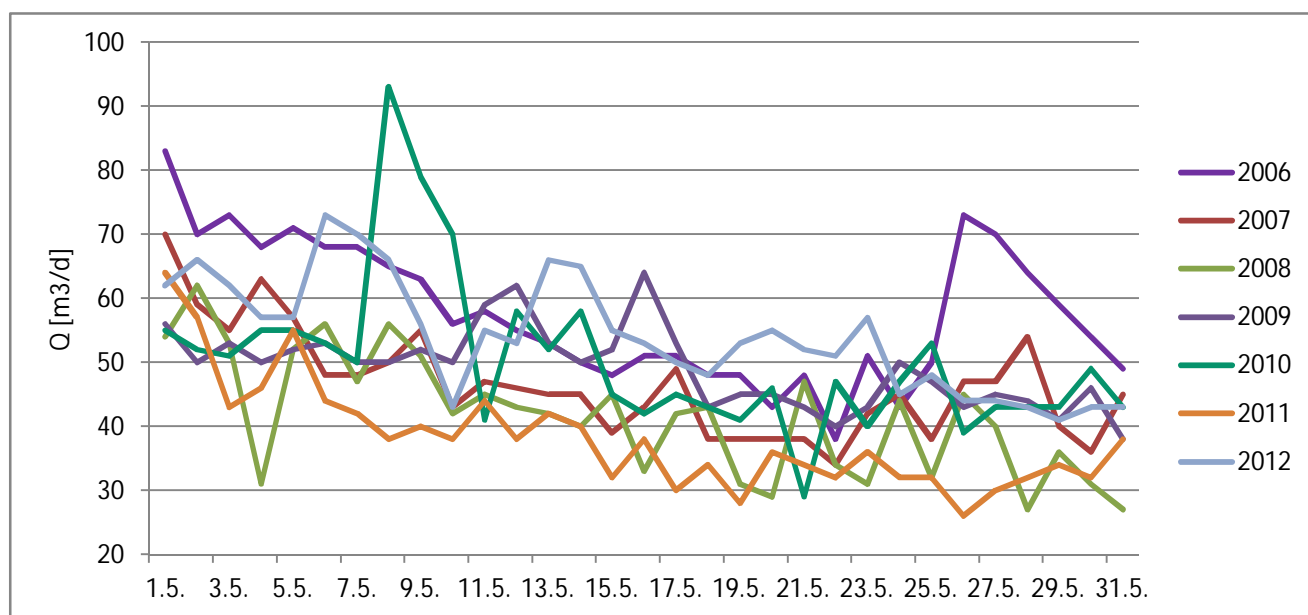
Taulukko 29 Kaisaniemen mittausaseman kuukausittaiset sademäärät

Kuukausisademäärät [mm]								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	ka
tammikuu	20	100	70	30	30	70	90	59
helmikuu	20	15	55	20	45	20	60	34
maaliskuu	30	30	55	30	55	15	35	36
huhtikuu	35	45	45	10	40	30	55	37
toukokuu	42	45	10	45	60	25	35	37
kesäkuu	25	45	15	75	35	50	90	48
heinäkuu	5	60	40	130	50	55	55	56
elokuu	40	65	95	50	100	175	40	81
syyskuu	25	105	70	35	50	85	160	76
lokakuu	195	75	135	90	20	70	-	98
marraskuu	70	85	90	85	85	25	-	73
joulukuu	60	75	60	45	85	120	-	74

**Kuva 38 Kirvuntien pumppausmäärät huhtikuulta**

Yllä olevasta kuvasta 38 näkee hyvin, miten lumien sulamisvedet vaikuttavat jätevedenpumppaamon virtaamiin. Vuosina 2011 ja 2012 maaliskuun lopussa ja huhtikuun alussa sulamisvedet kuormittivat pumppaamoa paljon.

Kuvassa 39 tarkastellaan tarkemmin käsiteltävien vuosien toukokuun pumppausvirtaamia. Toukokuu valittiin toiseksi tarkasteluajankohdaksi, koska silloin ei enää lumen sulamisvedet vaikuta syntyviin virtaamiin ja sademäärät olivat Kaisaniemen mittausasemalla kaikkein pienimmät ja tasaisimmat verrattuna muihin termisen kasvukauden kuukausiin.



Kuva 39 Kirvuntien pumppausmäärät toukokuulta

Toukokuun pumppausdatan (kuva 39) ja kuukausittaisen sademäärien (taulukko 29) perusteella voidaan todeta että sademäärät vaikuttavat pumppausmääriin. Taulukosta 29 nähdään, että vuosien 2008 ja 2011 toukokuulla satoi huomattavasti vähemmän kuin muina vuosina. Näiden vuosien pumppausmäärätkin ovat alhaisemmat, mikä on nähtävissä kuvasta 39. Vuoden 2011 saneeraukset eivät ole laskeneet Kirvuntien jätevedenpumppaamon pumppausmääriä, näiden tarkastelujen perusteella.

Ympäristökeskuksen Viemärit 2020 –prosessissa kehitetyn vuotovesikertoimen avulla vertailtiin eri Kirvuntien jätevedenpumppaamon pumppausmäärien kehitystä. Taulukossa 30 on esitetty vuosien 2006 - 2012 vuotovesikertoimet sekä vuosittaiset sademäärät.

Taulukko 30 Kirvuntien jätevedenpumppaamon vuosittaiset vuotovesikertoimet

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012 *
Kuiva kausi [m³/d]	17,1	25,5	23,3	34,8	16,7	21,6	29,0
Tulvahuippukausi [m³/d]	152,3	129,6	201,7	71,9	123,7	99,5	97,2
Koko vuosi [m³/d]	59,1	74,3	94,8	53,0	47,9	50,2	59,9
Vuotovesikerroin	8,9	5,1	8,7	2,1	7,4	4,6	3,3
Vuotovesimäärä [m³/v]	49 353	37 993	65 126	13 570	39 048	28 424	24 892
Vuotovesimäärä [m³/d]	135,2	104,1	178,4	37,2	107,0	77,9	68,2
Vuotovesimäärä [l/km/s]	0,32	0,25	0,42	0,09	0,25	0,18	0,16
Vuoden sademäärä [mm]	567	745	740	645	655	740	620

* vuoden 2012 virtaamaluvut ovat kuukausilta tammikuu-lokakuu ja sademäärään on laskettu ainoastaan sateet tammikuusta syyskuuhun, mikä vääristää tuloksia

Tarkastellaan taulukosta 30 lähemmin ainoastaan vuoden 2008 tehtyjen saneerausten vaikutuksia. Kyseisenä vuonna saneerattiin noin 67 prosenttia pumppaamolle johtavista viemäreistä. Lisäksi vuonna 2009 rakennettiin hulevesiverkosto alueelle. Ennen saneerausta vuosina 2006 - 2008 vuotovesikerroin oli 7,6 kun taas saneerauksen jälkeen vuotovesikertoimen arvo on ollut keskimääräisesti 4,4. Vuotovesiä saatiin siis vähennettyä verkostosta noin 40 prosenttia tehdyillä verkostotöillä. Kuitenkaan tuloksien perusteella ei voida sanoa, kuinka suuri osa vuotoprosentin pienenemisestä on saneerausten ja kuinka paljon on rakennetun hulevesiviemäriin ansiota.

4.7 Tulosten tarkastelu

4.7.1 VVY tunnuslukujärjestelmä

Tulosten käsittelyn ensimmäisessä osassa haettiin VVY:n tunnuslukujärjestelmästä mittareita, joiden avulla voidaan arvioida saneerausten vaikuttavuutta. Tehtyjen analyysien perusteella vesijohtoverkostojen vuotovedet ja putkirikot ovat yhteydessä tehtyihin saneerauksiin. Kyseisiä tunnuslukuja tarkasteltaessa kolmen vuoden lineaarisen trendiviivan avulla ja vertaamalla sitä vastaavaan trendiviivaan tehtyjen saneerausten osalta, kuvaajista nähtiin tunnuslukujen olevan kääntäen verrannollisia. Näiden tulosten perusteella HSY:n vesijohtoverkostojen saneerausten vaikuttavuutta arvioitiin vuotovesimäärien ja putkirikkojen perusteella. Jätevesiviemärien osalta yhteyttä ei löytynyt tarkastelujen mittareiden väliltä.

Luetettavien tunnuslukujen käytön lähtökohtana on, että vertailtavat tunnusluvut perustuvat samoihin perustietoihin. Työn yhteydessä syntyi vaikutelma, että putkirikon määritelmä ei ole HSY:ssä vakiintunut. Erilaisten putkivuotojen ja -rikkojen kirjaaminen putkirikoiksi vaikeuttaa analyysien tekemistä. Lisäksi HSY:n verkosto on erittäin laaja ja sitä tulisikin tarkastella pienempinä osina, joiden perusteella saneerausten vaikuttavuutta tarkastellaan. Näin voidaan todeta yksittäisten saneerausten vaikuttavuus, mikä ei ole nähtävissä, jos tunnuslukuja vertaillaan koko HSY:n verkoston alueella.

4.7.2 Verkostoveden laatu

Käytäessä läpi Kulosaaren ja Lauttasaaren laatutuloksia todettiin, että veden laatu-analyyseja on tehty liian harvoin, jotta niiden perusteella verkostosaneerausten vaikuttavuus olisi selvästi havaittavissa. Lauttasaaren ja Kulosaaren saneerauksilla saavutettiin pientä laadun paranemista. Selvimmin veden laadun kehitys on nähtävissä sameustuloksissa. Niissä tulosten keskiarvo parani noin 30 prosentilla. Sähkönjohtavuus väheni noin neljällä prosentilla, pH nousi noin 0,1 yksikköä ja veden klooripitoisuus kasvoi 14 - 25 prosentilla. Lisäksi molemmilla alueilla vesijohtoverkoston juoksutuksia on voitu vähentää. Näin ollen Munkkiniemenrannan alueella veden laatu tulee todennäköisesti paranemaan saneerausten johdosta. Munkkiniemenrannan alueen veden laatu tulee muuttamaan seuraavasti, jos kehitys on samanlaista kuin Kulosaaressa ja Lauttasaaressa: sameus laskee pitoisuudesta 0,48 NTU pitoisuuteen 0,3 NTU, sähkönjohtavuus laskee

keskimäärin 15,8 mS/m:stä 14,5 mS/m:iin sekä pH nousee 8,1:stä 8,2:een ja kloori vastaavasti 0,3 mg/l:sta 0,04 mg/l:aan.

Munkkiniemenrannan alueella tehdyissä jatkuvatoimisissa veden laatumittauksissa havaittiin veden laadun, etenkin sameuden, osalta suuria vaihteluita aamun ja aamupäivän aikana. Tämä oli hyvin havaittavissa etenkin Munkkiniemenrannan päätyvässä vesijohdossa olleessa mittauspisteessä. Tässä pisteessä veden sameus vaihteli 1,2 NTU:sta 0,6 NTU:hun kello 10:10 ja 12:30 välillä. Tällainen vaihtelu vajaan kolmen tunnin ajalta on niin suurta, että se saattaa johtaa väärin johtopäätöksiin saneerausten vaikuttavuutta arvioitaessa. Laatu vaihtelu oli huomattavasti suurempaa Munkkiniemenrannan päässä kuin Laajalahdentien mittauspisteissä. Laadun heilahtelua tapahtuu pääasiassa verkoston osissa, joissa veden vaihtuvuus on yöaikaan pientä.

Alueella suoritettavien asiakaskyselyjen perusteella, päästään arvioida saneerausten vaikuttavuutta alueen asukkaiden näkökulmasta. Alueella suoritettiin ensimmäinen asiakaskysely syyskuussa 2012. Kyselyn tulokset sekä laadun että verkostopaineen suhteen olivat todella hyviä, mikä kertoo asiakkaiden luottamuksesta HSY:n toimintaan ja palveluihin. Asiakaskyselyn toisessa vaiheessa HSY:n taso voi laskea, johtuen saneerausten aiheuttamista haitoista asikkaille, mutta avoimen palautteen kautta HSY voi saada tärkeää tietoa saneerausten onnistumisesta.

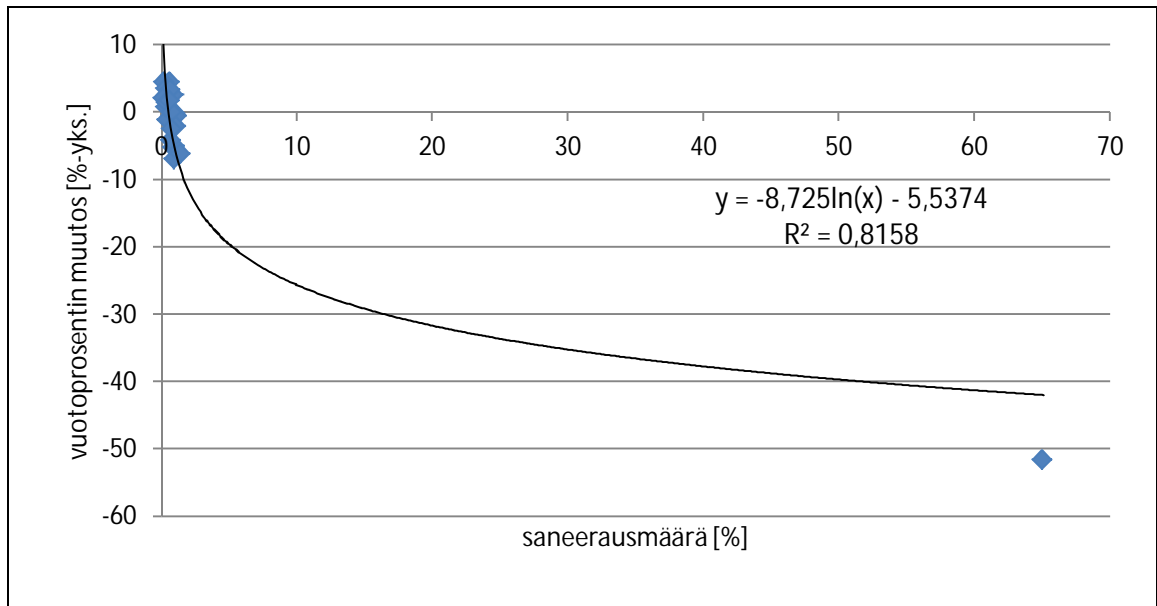
4.7.3 Vedenjakeluverkoston vuotavuustarkastelu

Raportissa käsiteltiin verkostojen vuotovesimäärien muutoksia Kulosaaren ja Vantaan painepiireissä tehtyjen saneerausten osalta. Lauttasaaren alueen virtaamatietoja ennen saneerausta ei ollut saatavissa, joten Lauttasaaren osalta vuotovesien kehitystä ei pystytty arvioimaan.

Kulosaaren yövirtaamien vertailussa vuosien 2006 ja 2012 välillä, nähdään yövirtaamien pienentyneen noin 30 m³/h, joka on noin 51,5 prosenttia vuoden 2006 yövirtaamista. Kulosaaressa saneerattiin vesijohtoverkostosta 65 prosenttia. Jos oletetaan yövirtaamien vähenemisen johtuneen ainoastaan Kulosaaren verkostosaneerauksista, vuotovesimäärä laski suhteessa vähemmän kuin saneeratun verkoston pituus. Saneeraus ei joko kohdistunut oikeisiin kohteisiin tai betonointi ei vähennä vuotovesimäärää suorassa suhteessa saneerattuun putkipituuteen. Ruiskubetonoinnissa olemassa oleva verkosto puhdistetaan ja putkien sisäpinnoille ruiskutetaan betonia noin 3 - 8 mm:n kerrokseksi. Tämä menetelmä ei paranna verkoston rakenteellista kuntoa ei niin hyvin kuin raskaat saneerausmenetelmät, mutta vuotovesien pienentyminen osoittaa, että betonointi kuitenkin parantaa putken kuntoa huomattavasti. Vantaan painepiirien tuloksien osalta nähdään, että saneerausmäärien ollessa yli 1 prosentin verkoston kokonaispituudesta pumppausmäärät ja vuotoprosentti pienenee.

Seuraavaan kuvaan on yhdistetty Vantaan ja Kulosaaren mittaustuloksien perusteella lasketut vuotoprosenttien muutokset suhteessa saneerausmääriin vuodessa. Saneerausten on oletettu näkyvän seuraavan vuoden vuotoprosentissa. Tulokset on koottu samaan taulukkoon ja niiden perusteella kuvaajaan on sovitettu logaritminen trendiviiva. Koska saneerauskohteiksi valitaan sellaiset putket, joiden käyttöikä on jäljelle mahdol-

lisimman vähän, vuotoprosentin muutos käyttäytyy logaritmisesti ja vähäisillä saneerausmäärilläkin saadaan vuotoprosentin muutos negatiiviseksi. Jos saneeraukset tehtäisiin harkitsemattomasti, trendiviiva olisi lineaarinen.



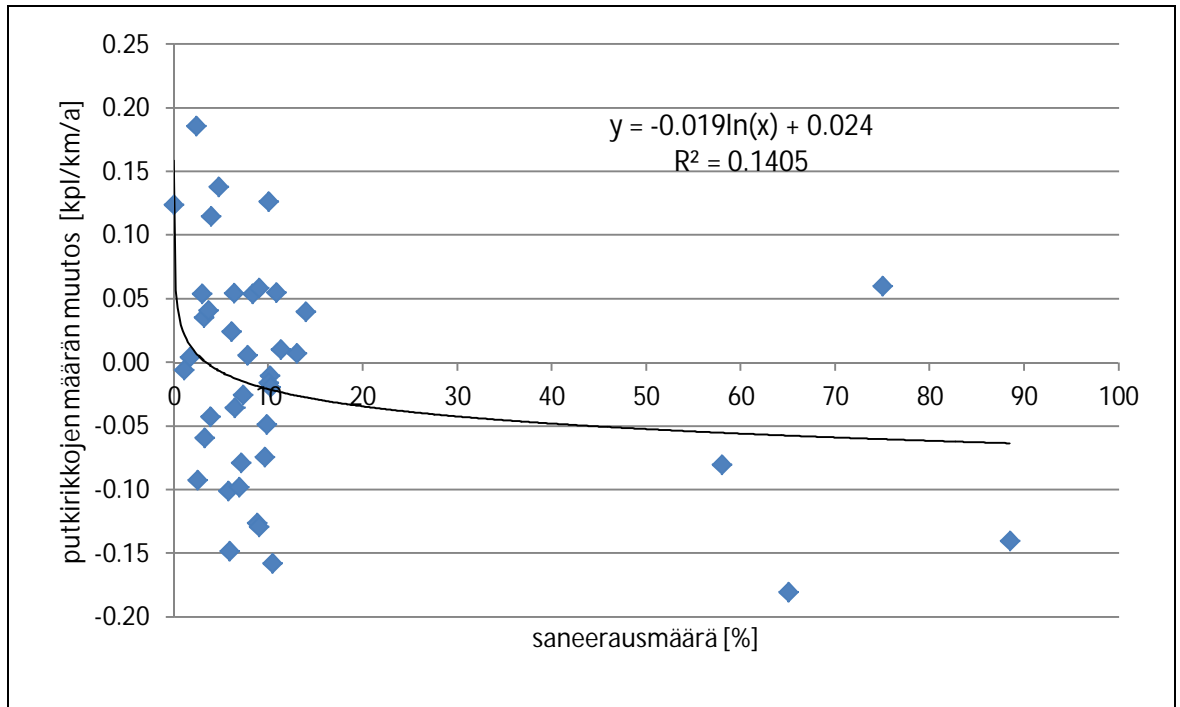
Kuva 40 Vuotoprosentin muutos suhteessa saneeraus määrään vuodessa

Kuvassa 43 esitetyn logaritmisin funktion mukaan saneeraamalla vesijohtoverkosta yksi prosentti vuodessa verkoston vuotoprosentti laskee noin 5,5 prosenttiyksikköä. HSY:n uusiutumisajan mukaan viimeisen kolmen vuoden vesijohtoverkoston keskimääräinen saneerausprosentti on ollut noin 0,4 prosenttia. Tällä saneeraustahdilla verkoston vuotoprosentti kasvaa noin 2,5 prosenttiyksikköä vuodessa. Kasvattamalla saneeraustahdista 0,6 prosenttiin vuodessa vuotoprosentti vähenee prosenttiyksikön vuodessa.

4.7.4 Putkirikkoanalyysi

VVY:n tunnuslukujen perusteella tehdyn analysoinnin mukaan tapahtuneiden putkirikkojen määrä korreloi hyvin saneerausten onnistumisesta. Putkirikkojen kolmen vuoden keskiarvosuora oli laskeva silloin, kun verkostosaneerauksien suora oli nouseva ja päinvastoin. Myös Kulosaarissa putkirikot vähenivät selvästi saneerausten jälkeen. Lauttasaaren ja Vantaan tulokset eivät olleet yhtä hyviä. Sekä Lauttasaaren että Vantaan tarkasteluissa oli kohteita, joissa saneerausten lisääminen vähensi putkirikkoja, mutta molemmissa tarkasteluissa oli myös tilanteita, joissa saneerausmäärien nostaminen lisäsi myös putkirikkoja.

Käytettävissä olevien tulosten perusteella muodostettiin samanlainen kuvaaja kuin vuotoprosentin muutoksesta. Kuvaajassa x-akselilla on kuvattu verkoston saneeraus määrät vuodessa ja y-akselilla putkirikkomäärän muutos vuodessa.



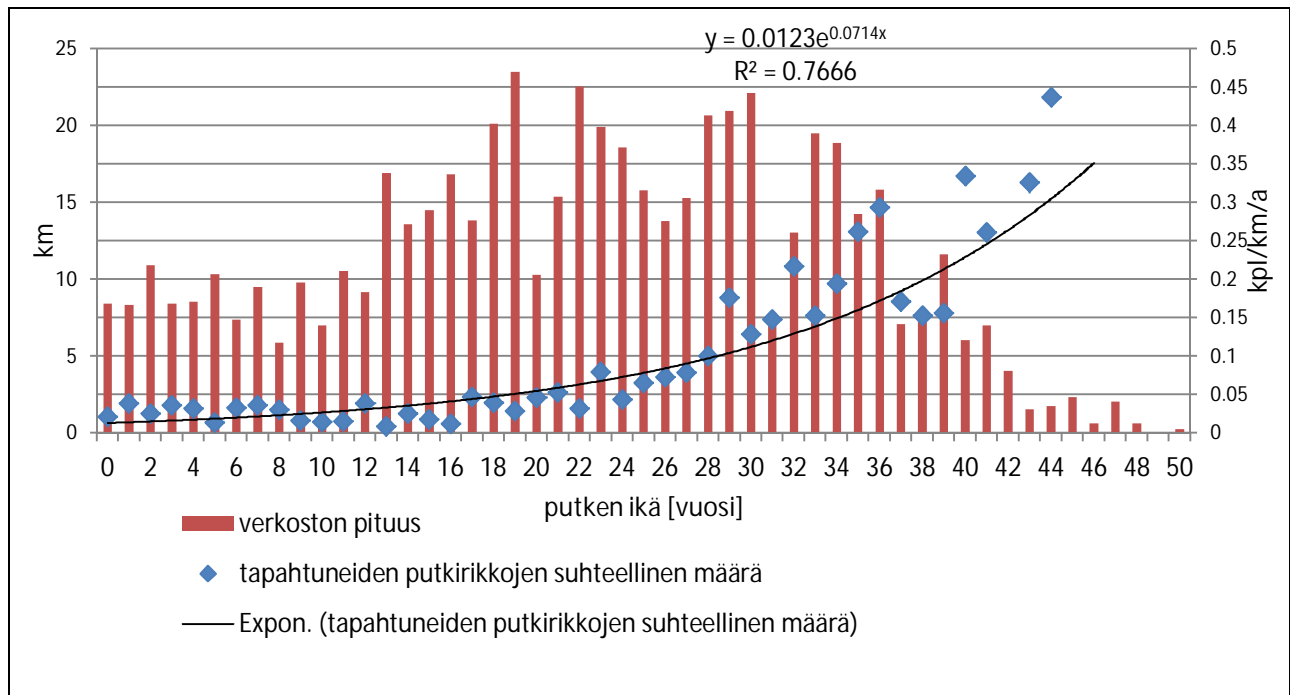
Kuva 41 Putkirikkomäärän muutos suhteessa saneeraus määrään vuodessa

Kuvasta nähdään, että putkirikkomäärien muutokset vaihtelevat paljon suhteessa saneeraus määrään. Tämä todetaan myös pisteisiin sovitettun logaritmisin trendiviivan korrelaatiokertoimesta, joka on erittäin pieni. Verrattaessa kuvia 43 ja 44 ja niissä esitettyjä korrelaatiokertoimia nähdään, että vuotoprosentin muutos kuvaa huomattavasti paremmin verkostossa tehtyjä saneerausmääriä.

HSY:n kolmen viimeisimmän vuoden vesijohtoverkoston keskimääräisellä saneeraus määrällä (0,4 %) putkirikot kasvavat vuodessa noin 0,04 putkirikolla jokaisella HSY:n verkostokilometrillä. Jotta putkirikkoja ei tapahtuisi lisää edelliseen vuoteen verrattuna, saneerausprosentin tulisi olla noin 3,5 prosenttia vuodessa. Kuvaajan perusteella saneerauksilla pystytään HSY:n verkostossa vähentämään putkirikkoja enimmillään noin 0,6 kpl/km vuodessa.

Molemmissa tarkasteluissa on oletettu, että vesijohtoverkosto on kaikkialla tasalaatuisia. Niissä ei ole otettu huomioon, miten putken ikä, materiaali tai sitä ympäröivä maaperän ominaisuudet vaikuttavat kuvaajiin. Etenkin putkirikkojen osalta nämä tekijät vaikuttavat tulokseen, kuten kuvasta 45 nähdään. Kuvassa 45 on kuvattu, miten Vantaan putkirikot riippuvat eksponentiaalisesti vesijohdon iästä, jossa putkirikko on tapahtunut. Kuvassa on lisäksi esitetty Vantaan vesijohtoverkoston ikäjakauma. Vertailuvuotena on käytetty sekä putkirikkotaajuuden että verkostojen iän laskemisessa vuotta 2005.

Kuvasta 45 voidaan todeta, että verkoston käyttöiän saavuttaessa noin 25 vuotta verkostossa tapahtuvien putkirikkojen määrä alkaa kasvaa huomattavasti. Kuvaajan perusteella voidaan tehdä oletamus, että putken saavuttaessa kyseisen käyttöiän verkoston kunto alkaa heiketä. On huomioitava, ettei tässä tarkastelussa otettu huomioon muita verkostoon kuntoon vaikuttavia tekijöitä kuin putken ikä.



Kuva 42 Vantaan vesijohtoverkostossa tapahtuneiden putkirikkojen suhde vesijohtoverkoston ikään

Edellä esitetyt kuvaajat, jotka ovat kuvissa 44 ja 45, tarvitsevat enemmän vertailuarvoja, jotta niiden käyttö vastaisi paremmin olemassa olevaa verkostoa.

Kulosaaren saneerausten osalta saneerauksen vaikuttavuutta tarkasteltiin myös taloudellisen kannattavuuden perusteella. Tehdyn tarkastelun mukaan saneeraus oli kannattava, jos Kulosaaren vesijohtoverkostoa ei tarvitse saneerata seuraavaan 44 vuoteen. Tämä tarkastelu perustui saneerauksella saavutettuun verkoston rakenteellisen kunnon parantumiseen, joka vähentää tulevaisuudessa tapahtuvia putkirikkoja ja siten säästetään rahaa. Tämä säästetty rahamäärä vastaa 44 vuoden päästä saneerauksiin sijoitettua summaa. Vesi- ja viemärilaitosyhdistyksen monistesarjassa Nro 17 on kerrottu betonoinnin lisäävän saneeratun vesijohdon käyttöikää useilla kymmenillä vuosilla, mutta tarkkaa tietoa betonoinnin avulla saavutettavan verkoston käyttöiän nostamisesta ei ole (Forss 2005). Arviolta voidaan todeta, että 44 vuotta voi olla liian kova vaatimus.

4.7.5 Jätevesiviemäri

Jätevesiviemärien saneerausten vaikuttavuutta tarkasteltiin ainoastaan yhdessä kohteessa Espoon Laajalahdessa. Kyseinen kohde on hyvin pieni ja tarkasteltavalle jätevedenpumppaamolle johdetaan jätevettä ainoastaan saneerattuja viemäreitä pitkin. Alueen kaikki jätevesiviemärit saneerattiin (yhteensä 490 metrin matkalta), mutta verkoston kaivoja tai tonttijohtoja ei. Alueelle rakennettiin tarkasteluajanjakson aikana hulevesiverkosto, mikä myös vaikuttaa jätevedenpumppaamolle tulevia vesimääriä. Vertailtaessa vuorokausitasoista pumppaamodataa saneerausvuosia ennen ja jälkeen, pumppaustiedoista ei pystytty päättämään mitään. Pumppausmääriin vaikuttaa niin paljon päivittäiset sade- ja sulamisvesimäärät, ettei saneerausten eikä hulevesiviemärien rakentamisen vaikuttavuutta ole nähtävissä.

Tarkasteltaessa pumppaamon virtaamatietoja suhteessa vuotuisiin sademääriin Ympäristökeskuksen kehittämän vuotovesikertoimen avulla nähdään, että vuotovesiä saatiin vähennettyä keskimäärin 40 prosenttia. Tämän perusteella voidaan todeta, että saneeraamalla jätevesiviemäri sataprosenttisesti, vähennetään viemäriin tulevia vuotovesiä 40 prosenttiyksiköllä. Loput 60 prosenttia vuotovesistä vuotaa viemäriin kaivojen ja tonttijohtojen kautta. Tämän tunnusluvun avulla voidaan arvioida viemärien saneerausten vaikuttavuutta luotettavammin kuin VVY:n seuraamien tunnuslukujen perusteella.

5 KEHITYSTOIMENPITEET

Tulevaisuudessa HSY:n tulisi tarkastella saneerausten vaikuttavuutta järjestelmällisesti ja kokonaisvaltaisesti kaikkialla verkostossaan. Vantaan tulokset osoittavat, että painepiirikohtainen tarkastelu antaa riittävän tarkkaa tietoa verkoston vuotovesimääristä ja yksittäisten hyvin tehtyjen sekä kohdennettujen saneerausten vaikuttavuudet voidaan todeta tällä tarkkuudella. Näin ollen saneerausten vaikuttavuutta tulisi tarkastella painepiirikohtaisesti. Painepiirikohtaisen tarkastelun lisäksi voidaan analysoida yksittäisiä hyvin suunniteltuja ja rajattua saneerauksia. Näiden yksittäisten tarkastelujen avulla vertaillaan aluesaneerauksilla saavutettavia hyötyjä suhteessa yksittäissaneerauksiin sekä miten seurattavat tunnusluvut muuttuvat, kun saneeraus tehdään HSY:n omana työnä tai yhteishankkeena. Painepiirikohtaisessa tarkastelussa analysoidaan verkostojen saneerausten vaikuttavuutta yleisellä tasolla, mutta yksittäisissä kohteissa voidaan edellä esitettyjen tapausten lisäksi vertailla eri saneerausmenetelmien vaikutusta saneerausten vaikuttavuuteen.

Saneerausten vaikuttavuuden arvioinnin mittareina tulisi käyttää vuosittaisia vuotovesimääriä ja vuotoprosentteja, vuosittain tapahtuneita putkirikkoja sekä saneerattuja verkostomääriä. Saneerauksia ja putkirikkoja tulisi seurata kappalemäärien lisäksi myös niihin käytettyinä yksikkökustannuksina. Tällöin saneerausten vaikuttavuuden arvioiminen taloudellisesta näkökulmasta olisi mahdollista. Lisäksi tulisi seurata laatupoikkeamia sekä asiakasvalituksia vuosittain.

Tällä hetkellä olemassa olevien tietojen pohjalta vesihuoltoverkostojen saneerausten vaikuttavuuden arviointi yllä olevien mittareiden perusteella ei onnistu. HSY:n tulisi kehittää verkkotietojärjestelmiin koottavan tiedon keräämistä sekä tallentamista, jotta järjestelmästä saataisiin analysointia varten tarvittavat tiedot vaivattomasti. Lisäksi vedenjakeluverkostoon tulee lisätä mittausalueita etenkin Helsingin verkostossa, jotta vaikuttavuuden analysointi vuotovesien ja painevaihteluiden perusteella onnistuisi kattavasti.

Saneerausten vaikuttavuusanalysointeja varten verkkotietojärjestelmään tulisi kerätä seuraavia tietoja. Putkirikkojen osalta tulisi järjestelmään merkata putken, jossa putkirikko on tapahtunut, perustietojen (putkikoko, materiaali, asennusvuosi, putkirikon syy) lisäksi lisätietoja putkirikosta. Putkirikosta tulisi kirjata tiedot putkirikon tarkemmasta tapahtumapaikasta, kuten onko putkirikko tapahtunut vesihuoltolaitoksen vesijohdossa, tonttijohdossa vai venttiilissä tai muussa toimilaitteessa. Myös muita tietoja tulisi kirjata järjestelmään kuten vuodon suuruus, asukasmäärä, joka on putkirikon vaikutusalueella ja kulutuskeskeytysaika. Näiden lisäksi tulisi arvioida putkirikon korjauskustannukset sekä maaperäolosuhteet.

Saneerauksista taas tulisi kirjata saneeratun johdon asennus- ja saneerausvuosi, saneerausmenetelmä, yksikkökustannukset ja tiedot siitä onko hanke tehty omana työnä vai yhteishankkeena kaupungin muiden infra-toimijoiden kanssa. Lisäksi tulee kirjata

ylös tiedot saneerauksen yhteydessä saneeratuista kaivoista ja vaihdetuista tai lisätyistä venttiileistä. Nämä kaikki edellä esitetyt järjestelmään kirjattavat asiat, tulisi merkata sekä vesijohto- että viemäriverkostoille. Viemäriverkoston järjestelmään tulisi olla myös mahdollisuus yhdistää helposti vuorokausitason sademäärät.

Virtaamamittauksiin perustuvien vuotovesimäärien analysoinnin helpottamiseksi, HSY:n tulisi lisätä verkostoon lisää mittausalueita. Mittausalueiden lisäämisen lisäksi mittareita tulee huoltaa ja varmistaa, että mittarit näyttävät oikein. Verkostosaneerausten vaikuttavuuden myöhempää analysointia varten tulisi sekä virtaama- että painemittareilta tallentaa tietoa vuosittain omaan järjestelmään. Vuosittain tulisi kerätä kaikilta mittauspisteiltä vuoden virtaamatiedot ylös yleistä vuosittaista saneerausten vaikuttavuuden arviointia varten. Joka vuosi tulisi myös koota esimerkiksi aina samalta kahden viikon ajanjaksolta tuntitasoiset tiedot paineista ja virtaamista järjestelmään, jotta yökulutusten vertailu olisi mahdollista tarkempia tarkasteluja varten.

Yllä olevien tietojen lisäksi järjestelmään tulisi merkata vesianalyyseissä esiin tulleet veden laatupoikkeamat sekä vesihuoltolaitoksen saamat asiakasvalitukset. Nämäkin tiedot tulisi kohdentaa oikeisiin osoitteisiin. Näiden kaikkien tietojen kirjaaminen järjestelmään on työlästä ja tuloksia voidaan hyödyntää täysimääräisesti vasta muutamien vuosien päästä kirjaamisen aloittamisesta. Tämä kuitenkin kannattaa, sillä ilman edellä lueteltujen tietojen tallentamista verkkotietojärjestelmään ei saneerausten vaikuttavuutta pystytä perustelemaan riittävän kattavasti.

5.1 Tulevien saneerauskohteiden vaikuttavuuden arviointi

Seuraavassa on arvioitu muutama HSY:n saneerausohjelmassa olevan kohteen vaikuttavuuden arviointia.

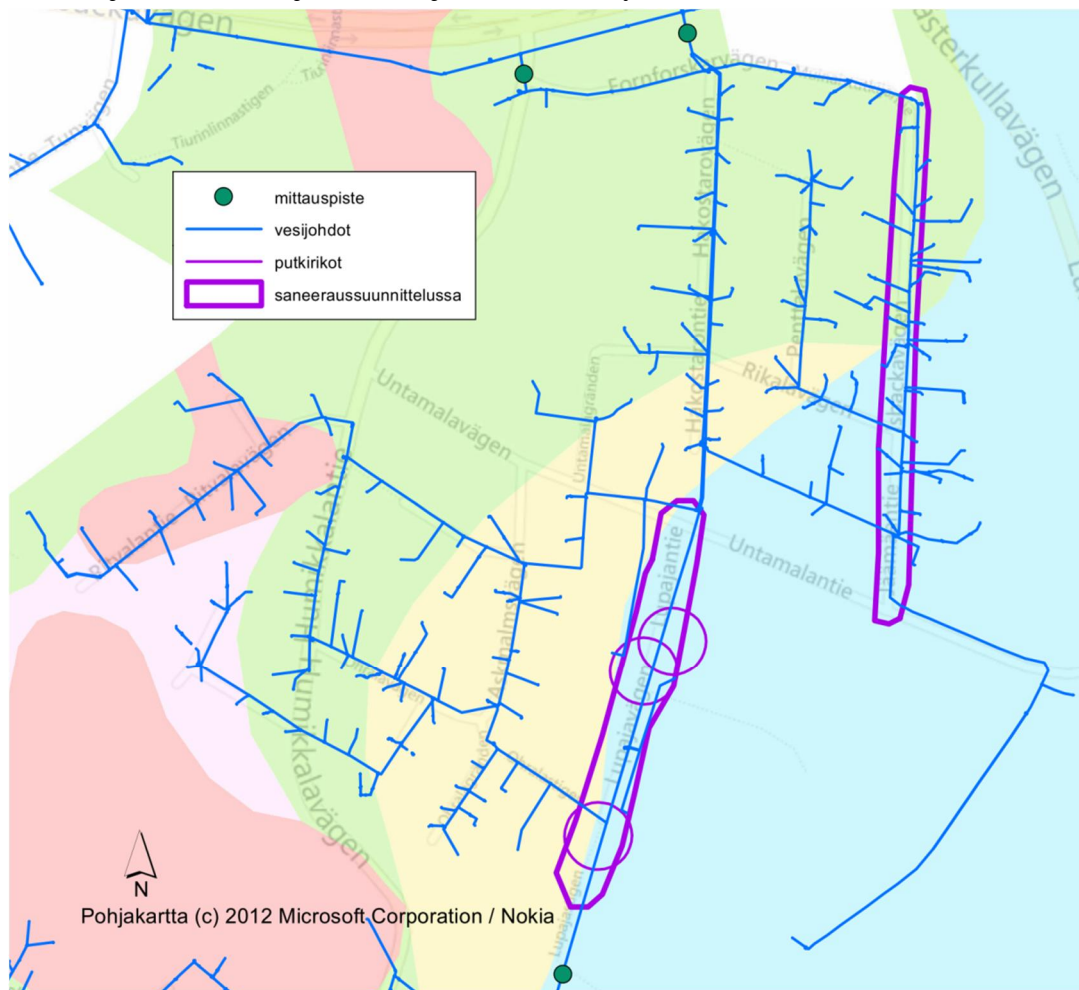
5.1.1 Munkkiniemenrannan alue

Munkkiniemenrannan vesihuoltoverkosto saneerataan vuonna 2013. Pääasiassa verkostot betonoidaan, mutta alueella käytetään myös sujutusta ja kaivua saneerausmenetelmänä. Tämän saneerauskohteen saneerausten vaikuttavuuden arvioinnissa voidaan käyttää lähes kaikkia työssä edellä esitettyjä mittareita. Nämä mittarit ovat alueen vuotovesimäärä (l/m/d), yökulutukset (m³/h), putkirikot (kpl/km/a) ja asiakastytyväisyys. Lisäksi kohteessa voidaan seurata paineiden muuttumista saneerausten vaikutuksesta.

Jotta alueen virtaama- ja paineolosuhteita pystytään arvioimaan, täytyy alueella mitata kyseisiä ominaisuuksia. HSY:n nykyisillä verkostossa olevilla mittareilla tämä ei onnistu, vaan verkostoon on lisättävä hetkellisesti yksi mittauspiste lisää. Mittaukset suoritettaisiin kyseisestä mittauspisteestä ennen ja jälkeen saneerausten. Ehdotus mittauspisteeksi on esitetty kuvassa 40. Munkkiniemenrannan verkostoon vesi tulee monia syöttövesijohtoja pitkin, mutta veden syöttö Munkkiniemenrannan päähän tapahtuu ainoastaan Tuulapolun DN150/DN200 vesijohtoa pitkin. Tässä vesijohdossa sijaitsee myös ehdotettu mittauspiste. Tuloksissa todettiin, että suurimmat veden laatu- ja paine-

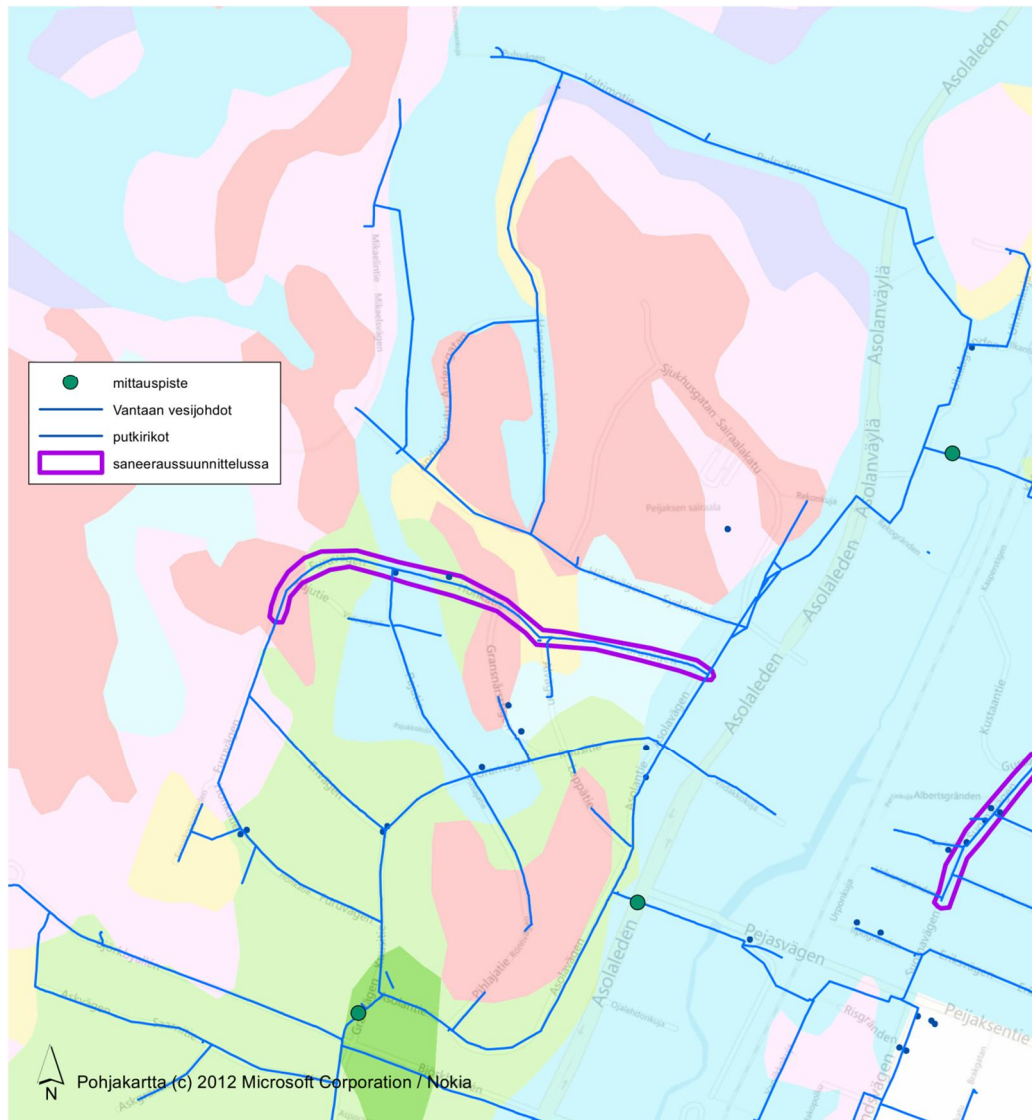
2,3 kpl/km/a, joka on yli 20-kertaisesti verrattuna HSY:n keskimääräiseen arvoon. Tässä kohteessa tulee tarkastella tapahtuneiden putkirikkojen määrän muutosta noin 3 – 5 vuoden päästä. Lisäksi saneerauksen yhteydessä tulee arvioida, onko maaperä osallinen putkirikkojen suureen määrään.

Helsingin Jäämäentien DN150 ja Lupajantien DN600 vesijohtojen saneerausten yhteydessä tulisi tarkastella vuotovesimäärän ja paineiden kehitystä saneerausten vaikutuksesta. Periaate on samanlainen kuin Munkkiniemenrannan kohteessa. Saneerattavat vesijohdot saadaan rajattua pienemmäksi mittausalueeksi kolmella mittauspisteellä. Mittaukset tulee suorittaa saneerauksia ennen ja jälkeen. Mittauspisteet sijaitsevat DN100, DN600 ja DN600 vesijohdoissa, jotka on esitetty kuvassa 41.



Kuva 44 Jäämäentie ja Lupajantie saneerauskohteet

Seuraava kohde on Vantaalla Honkatie DN125 vesijohto, joka on asennettu vuonna 1967. Tässäkin kohteessa tarkastellaan vuotovesimäärien ja paineiden kehitystä mittaamalla kyseiset tiedot verkostosta ennen ja jälkeen saneerauksen. Mittauspisteet sijaitsevat DN300 vesijohdoissa. Kohde ja mittauspisteet on esitetty kuvassa 42. Lisäksi tulee tarkastaa, onko maalajien rajapinnoilla tapahtunut verkostojen painumista enemmän kuin muualla.



Kuva 45 Honkatien saneerauskohde

6 YHTEENVETO

Verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointityö oli juuri niin vaativa kuin sen oletettiin olevan. Projektin alussa työn suuntaviivoja muutettiin ja työssä lähdettiin etsimään saneerausten vaikuttavuuden arvioimiseksi mittareita olemassa olevien tietojen perusteella. Nykyisiin verkkotietojärjestelmiin kerätyillä tiedoilla on hyvin hankala arvioida verkoston kunnon kehittymistä. Syynä tähän on kerättävien tunnuslukujen pieni määrä, tunnuslukujen eroavaisuudet ja olemassa olevan tietojen suhteellisen lyhytaikainen kerääminen verkkotietojärjestelmiin. Näiden kolmen asian kehittyessä ja ajan kuluessa verkostojen kuntoarvion tekeminen ja saneerausten vaikuttavuuden arvioiminen onnistuu huomattavasti kevyemmin kuin vuonna 2013.

Tässä tutkimuksessa analysoitiin olemassa olevien HSY:n verkkotietojärjestelmiin kerättyjen tietojen perusteella verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointia. Analysointiin oli käytettävissä tietoja, joiden perusteella pystyttiin arvioimaan vesijohtoverkoston veden laatumuutoksia, keskimääräistä vedenkulutusta laskutustietojen ja yökulutuksien perusteella, vuotoprosenttia virtaamamittaustietojen avulla sekä tapahtuneita putkirikkoja ennen ja jälkeen tehtyjen saneerausten. Lisäksi tiedossa oli tehtyjen saneerausten määrät saneeratuilla alueilla kokonaisputkipituuteen suhteutettuna.

Vedenkulutukseen ja virtaamamittauksiin perustuvat erilaiset vuotavuusluvut ovat tässä työssä saatujen tulosten mukaan parhaat mittarit verkoston kunnon arvioimiseen. Aivan kattavia tutkimuksia ei pystytty tekemään lähtötietojen puutteen takia, mutta vesijohtoverkoston vuotoprosentti seurasi hyvin saneerausvolyymin muutosta lähes jokaisessa tutkitussa kohteessa. Tuloksista voidaan todeta, että putkirikkojen määrän kehitys ei ole yhtä hyvä mittari saneerausten vaikuttavuuden arvioimiseen kuin verkoston vuotoprosentti.

Veden laatumuutokset kuvaavat kohtuullisesti verkoston kunnon kehitystä tehtyjen analyysien perusteella. Yhdessä verkostossa tarvittavien verkostajuoksutusten vähene-
misen kanssa laatumittausten käyttö saneerausten vaikuttavuuden arvioinnissa on hyvä mittari.

Jätevesiviemärien saneerausten vaikutuksia arvioitaessa Viemärit 2020 -prosessissa kehitetty vuotovesikerroin todettiin käyttökelpoiseksi mittariksi. Pelkkiä pumppaustietoja tarkastellessa sade- ja sulamisvedet vaikuttavat virtaamiin niin paljon, ettei saneerauksilla saavutettuja hyötyjä eroteta. Jätevesiviemärien saneerausten vaikuttavuutta ei pystytty arvioimaan yhtä laajasti kuin vesijohtoverkoston osalta, sillä jätevesiviemäreistä olemassa oleva tietokanta on HSY:llä huomattavasti pienempi kuin vesijohtoverkostosta.

Vesihuoltolaitoksien tulisi aktiivisesti kehittää verkkotietojärjestelmiään ja siellä ylläpidettävää tietoa. Laadukkaan ja ajan tasalla olevan verkkotietojärjestelmän avulla vesihuoltolaitos pystyy seuraamaan ja analysoimaan omien vesihuoltoverkostojen kuntoa tehokkaasti. Laajan tietokannan avulla voitaisiin tulevaisuudessa tehdä kattavampia

selvityksiä verkostosaneerausten vaikuttavuudesta, joka antaisi tietoa suomalaisten vesihuoltolaitosten verkostojen sen hetkisestä tilasta. Verkkotietojärjestelmien kehittäminen on pitkän aikavälin prosessi, josta ei saada tuloksia nopeasti. Yksi tapa havainnoida saneerauksilla saatuja tuloksia on tarkastella yksittäisissä saneerauskohteissa tapahtuvia muutoksia. Tällöin saneerauskohteen ympäristössä tulee tehdä erillisiä mittauksia ennen ja jälkeen tehtävien saneeraustoimenpiteiden. Näiden mittausten avulla saataisiin selville mitä vaikutuksella saneerauksella oli. Mittauksien tekeminen useammassa kohteessa sekä eri menetelmillä antaisi lisävarmuutta nykyisiin olettamuksiin erilaisten saneeraustapojen soveltuvuuksista eri tilanteisiin.

Verkkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointi on tärkeä verkostojen hallinnan apuväline ja sitä tulisikin tulevaisuudessa tutkia lisää. Sitä ennen on kuitenkin kehitettävä verkkotietojärjestelmissä olevia tietoja sekä yleisesti ottaen lisätä mittauspisteitä verkoston eri osiin järjestelmällisesti. Näiden toimien avulla tulevaisuudessa vesihuoltoverkostoista saaduilla tiedoilla pystytään tehokkaasti seuraamaan verkoston sen hetkistä tilaa ja arvioimaan tehtyjen kunnossapito- ja saneeraustoimenpiteillä saatuja hyötyjä.

LÄHTEET

Dahlen-Larsen, P. 2005. Vaikuttavuuden arviointi – Hyvät käytännöt, Menetelmä-käsikirja. Saatavissa:

<http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/77071/vaikuttavuuden_arv.pdf?sequence=1> Viitattu 10.12.2012

DANVA. 2006. Servicemål i vand- og spildevandsforsyninger – vejledning/inspirationsnotat. Dansk Vand- og Spildevandsforening. Saatavissa <http://www.danva.dk/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=%2fFiles%2fFiler%2fUdgivelser%2fVejledning_nr._70_Servicemaalvejledning.pdf> Viitattu 20.11.2012

DANVA. 2011. Water in figures – DANVA’s Benchmarking and Water Statistics 2010. Dansk Vand- og Spildevandsforening. Saatavissa:

<<http://www.danva.dk/Default.aspx?ID=70&TokenExist=no>> Viitattu 25.10.2012

Forss, A. 2005. Vesihuollon verkostojen ylläpidon perusteet. Helsinki. Vesi- ja viemäri-laitosyhdistys. 77 s. ISBN 952-5000-49-4

Grigg, N. 2012. Water, Wastewater, and Stormwater Infrastructure Management. Lon-toon. IWA Publishing. 343 s. ISBN13 9781780400334

Heino, O & Pietilä, P. 2012. SerVesi – Vesihuoltoverkostojen kunnossapitopalvelujen riskienhallinta, osatehtävä 3. Vesihuoltotoimintojen ulkoistamisen nykytila ja tulevai-suuden näkymät Suomessa. Saatavissa:

<<http://www.tut.fi/idcprod/groups/public/@110214/@web/@p/documents/liit/p028091.pdf>> Viitattu 10.12.2012

Herz, R et Kropp, I. 2002. CARE-W WP4, D10 - Development of the “Rehab Strategy Manager” software. Research and Technological Development Project of European Community. Report No.4.2 Saatavissa: <[http://www.sintef.no/uploadpages/24472/D10_CARE-W Rehab Strategy Manager.pdf](http://www.sintef.no/uploadpages/24472/D10_CARE-W_Rehab_Strategy_Manager.pdf)> Viitattu 28.12.2012

iSTT. 2005a. Close Fit Thermoplastic Lining. Saatavissa: <http://www.astt.com.au/images/uploads/05_CLOSE_FIT_THERMOPLASTIC_LINING.pdf> Viitattu 28.12.2012

iSTT. 2005b. Cured in place Lining. Saatavissa: <http://www.astt.com.au/images/uploads/05_CIPP.pdf> Viitattu 28.12.2012

Juuti, P. S. et al. 2007. Environmental History of Water. Cornwall, UK. IWA Pub-lishing. 637 s. ISBN 1-84339-110-4

Kauppinen, H 2006. Vesihuoltoverkostojen saneeraus Helsingissä: ”Etsii, etsii, muttei soisi löytävänsä”. Kunnossapito, 7/2006. S. 52 - 54. Saatavissa:

<http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu_id=587> Viitattu 26.12.2012

Kober, E. et Gangl, G. 2012. Integrated Asset Management as basis for sustainable water loss reduction. Saatavissa:

<http://www.iwa-waterloss.org/2012/Final_Papers_2/47.pdf> Viitattu 25.10.2012

Kopra, P. Helsingin vesijohtoverkoston vuotavuuden määrittäminen ja vuotohallinnan kehittäminen. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan osasto.

Kyrönseppä, R. 2013. Suullinen tiedoksianto. Projektipäällikkö/ HSY vesihuolto, investoinnit, verkostoprojektit. 21.6.2012

Maankäyttö 2010. Siton uusi LOUHI on kanava rakennetun ympäristön tiedonhallintaan. Maankäyttö, 3/2010. S. 55. Saatavissa:

<<http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk310/mk310.pdf>> Viitattu 10.12.2012

Malm, A. et al. 2008. Asset management of water and wastewater networks. The 12th Nordic/NORDIWA Wastewater Conference 2011.

Mäkilä, T. Koulutuksen vaikuttavuuden arviointi. Case: ProAgria Häme. Ylemmän ammattikorkeakoulun opinnäytetyö. Hämeenlinnan ammattikorkeakoulu, maaseudun kehittämisen koulutusohjelma.

Mäkinen, K. Katsaus eri saneerausmenetelmiin-esitys. AEL-seminaari. Vesihuoltoverkostojen saneeraus – kunnon ja arvon säilyttäminen 14.-15.4.2010. AEL. Helsinki

Norsk Vann. 2011. Tilstandsvurdering av kommunale vann- og avlopstjenester. Saatavissa:

<http://www.bedrekommune.no/bedrekommune/media/files/resultater_2011>

Viitattu 20.11.2012

Nyysölä, M. et al. Mosambik: Kylät kertovat tuloksista. Kehitys 1.2012, s. 12 - 15

Pelletier, G. et al. 2003. Modelling Water Pipe Breaks – Three Case Studies. Saatavissa:

<http://www.hydrosys.net/myplus/bbs/table/hydrosys_doc/upload/ModelingWaterPipeBreaks.pdf> Viitattu 10.12.2012

Pöyry Finland Oy. 2011. Verkostosaneerausten vaikuttavuuden arviointi. Saatavissa: <http://www.vvy.fi/files/1441/Loppuraportti_11042011_verkostosaneerauksen_vaikutustenarviointi.pdf> Viitattu 10.12.2012

Rinne, T. et al. 2008. Asuntosprinklaus Suomessa – Vaikuttavuuden arviointi. VTT tiedotteita. Saatavissa: <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2527.pdf>> Viitattu 11.10.2012

Simicevic, J et Sterling, R 2001. Guidelines for Pipe Bursting. Saatavissa: <<http://www.trenchless.tv/library/bursting.pdf>> Viitattu 26.12.2012

Sharma, S. 2008. Performance Indicators of Water Losses in Distribution System. Saatavissa: <http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/GEN_PRS_PI_of_Water_Losses_AC_Apr08.pdf> Viitattu 20.11.2012

Suomen Ympäristökeskus. 2011. Viemärit 2020-prosessi. Saatavissa: <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=11201&lan=fi>> Viitattu 11.10.2012

Svenskt Vatten. 2011. Handbok i förnyelseplanering av VA-ledningar. Svenskt Vatten Utveckling. Saatavissa: <http://www.svensktvatten.se/Documents/Kategorier/SVU/Rapporter/SVU-Rapport_2011-12.pdf> Viitattu 13.9.2012

Vaari, J. et al. 2010. Asuntosprinklaus Suomessa – Vaikuttavuuden arviointi. Osa 2. Espoo. VTT tiedotteita. Saatavissa: <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2008/T2430.pdf>> Viitattu 11.10.2012

Vesi-Instituutti. 2007. Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa. Saatavissa: <<http://www.prizz.fi/linkkitiedosto.aspx?taso=2&id=343&sid=671>> Viitattu 2.12.2012

Vesi-Instituutti. 2008. Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Saatavissa: <<http://www.prizz.fi/linkkitiedosto.aspx?taso=2&id=547&sid=671>> Viitattu 10.12.2012

Vesitalous. 1/2010. Vesitalouslehti 50 vuotta. Saatavissa: <http://www.vesitalous.fi/upload/lehtiarkisto/2010/1_2010a.pdf> Viitattu 10.12.2012

Vesitalous. 6/2010. Saneeraukset ja kunnossapito. Saatavissa: <http://www.vesitalous.fi/upload/lehtiarkisto/2010/6_2010.pdf> Viitattu 10.12.2012

VTT. 2006. Asset Management vesihuollossa – Kirjallisuustutkimus. Saatavissa:
<<http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2006/W61.pdf>>

VTT. 2008. Vesihuoltolaitosten verkosto-omaisuuden hallinta. Toimintamallin kuvaus
Total Management Planning -ohjeistuksen pohjalta. Saatavissa:
<<http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2008/W98.pdf>> Viitattu 10.12.2012

VVY. 2009. Vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmä (Benchmarking-tiedosto).
VVY:n tiedotuskirje. 26.10.2009. Saatavissa <http://www.vvy.fi/files/994/vesihuoltolaitosten_tunnuslukujarjestelma_20_suurinta.pdf> Viitattu 23.11.2012

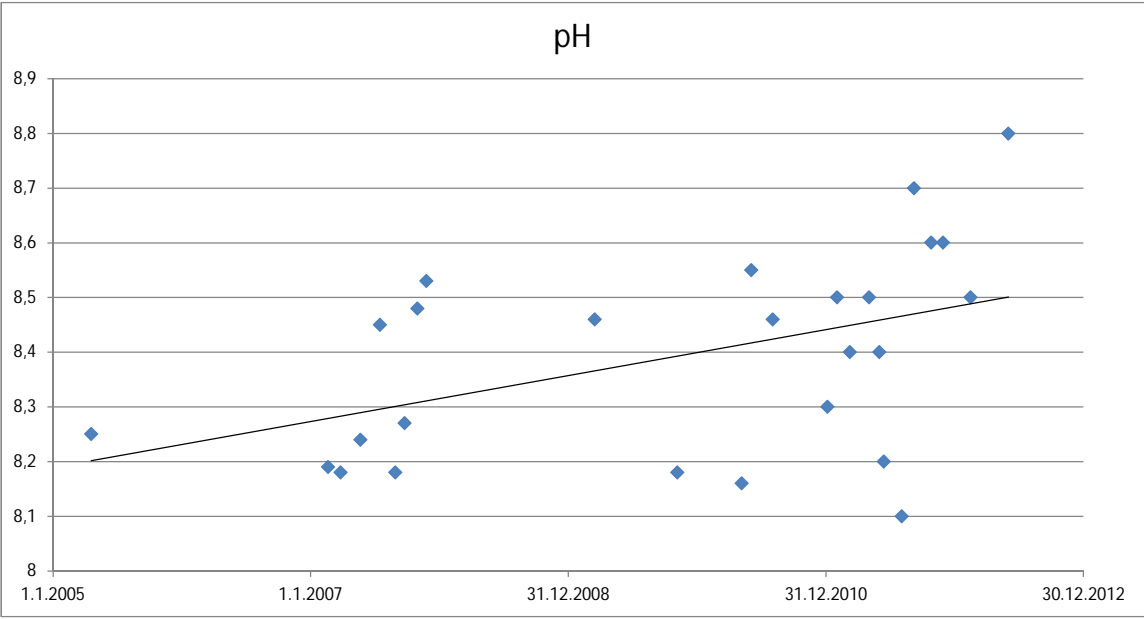
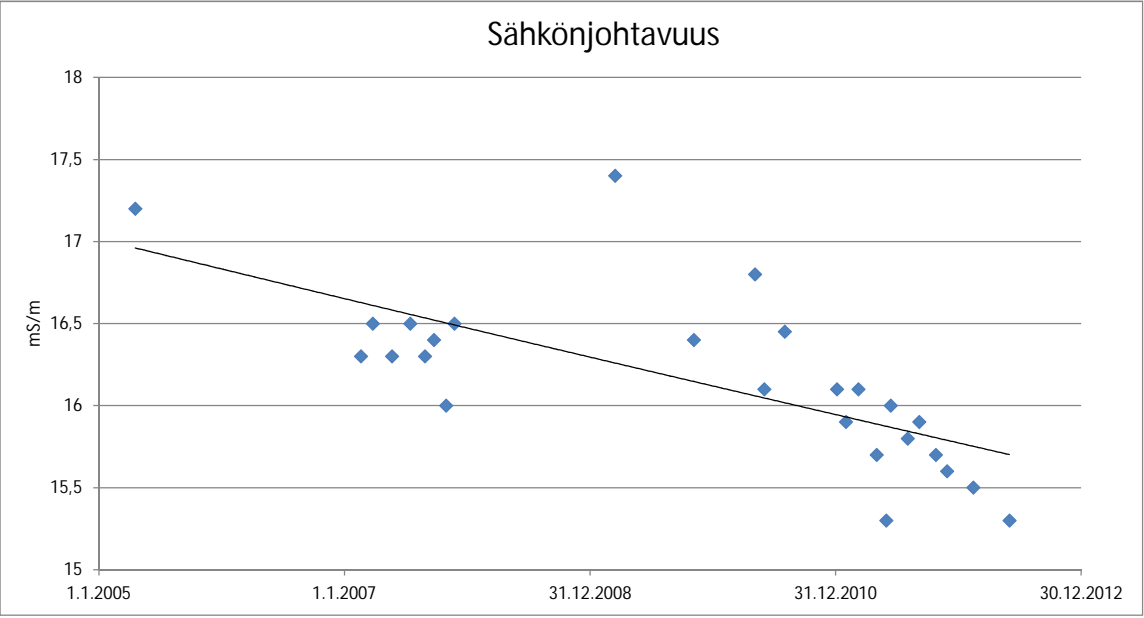
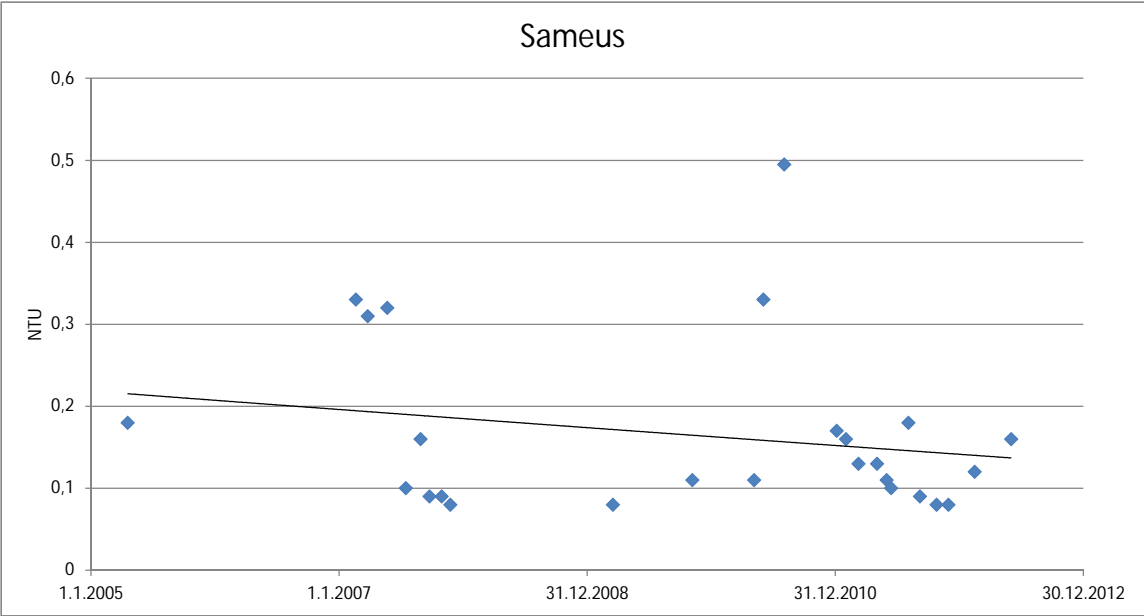
VVY. 2004. Vesijohtojen ja viemäreiden saneeraus. Luonnos 7.5.2004.

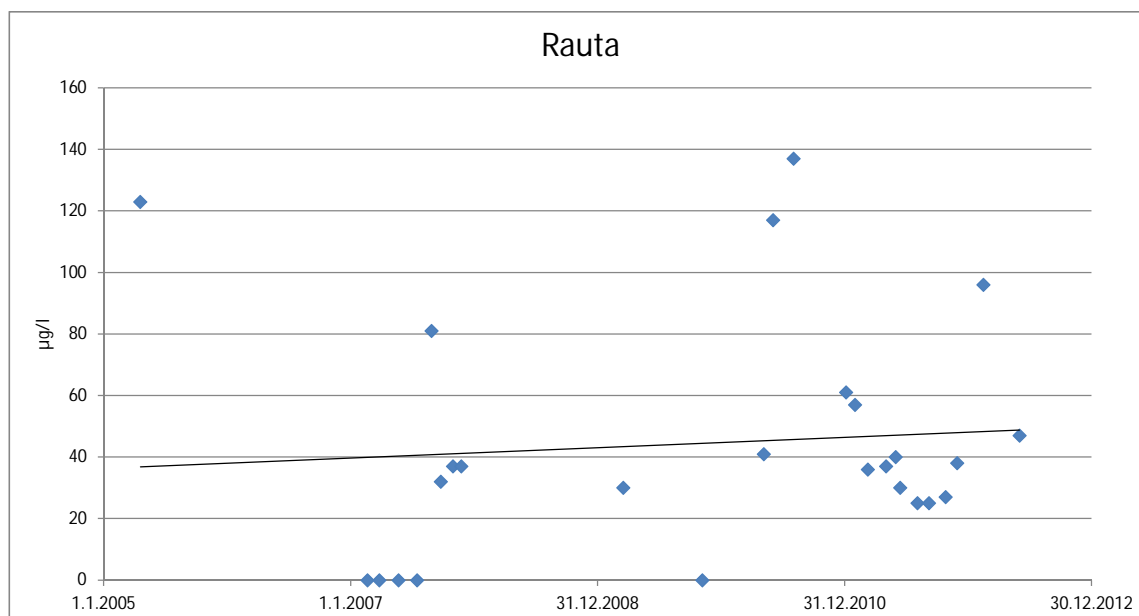
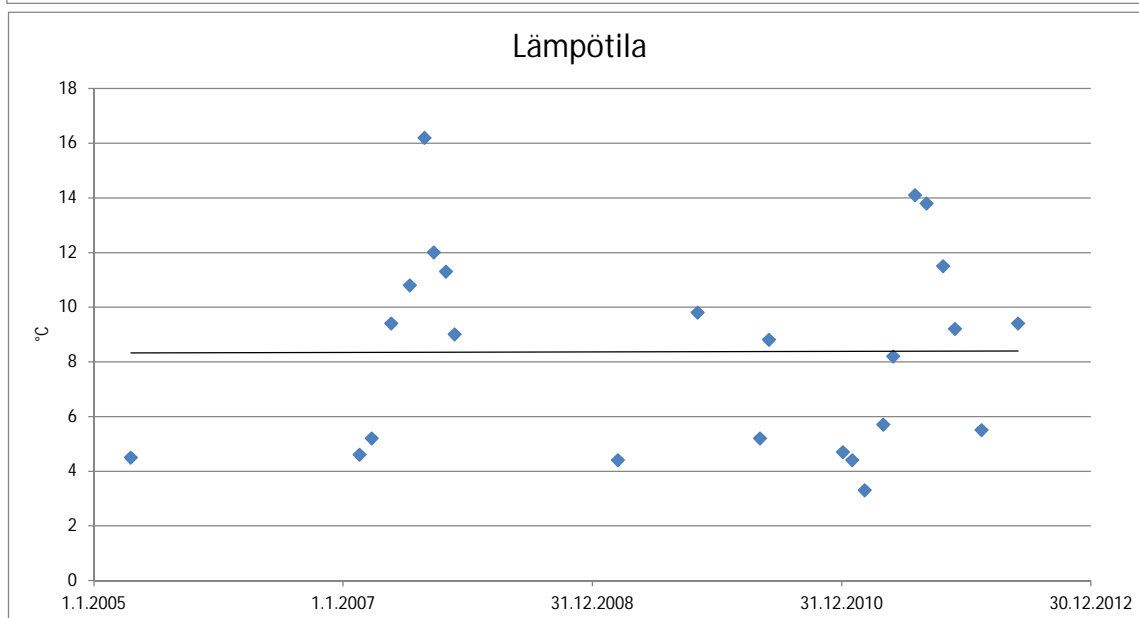
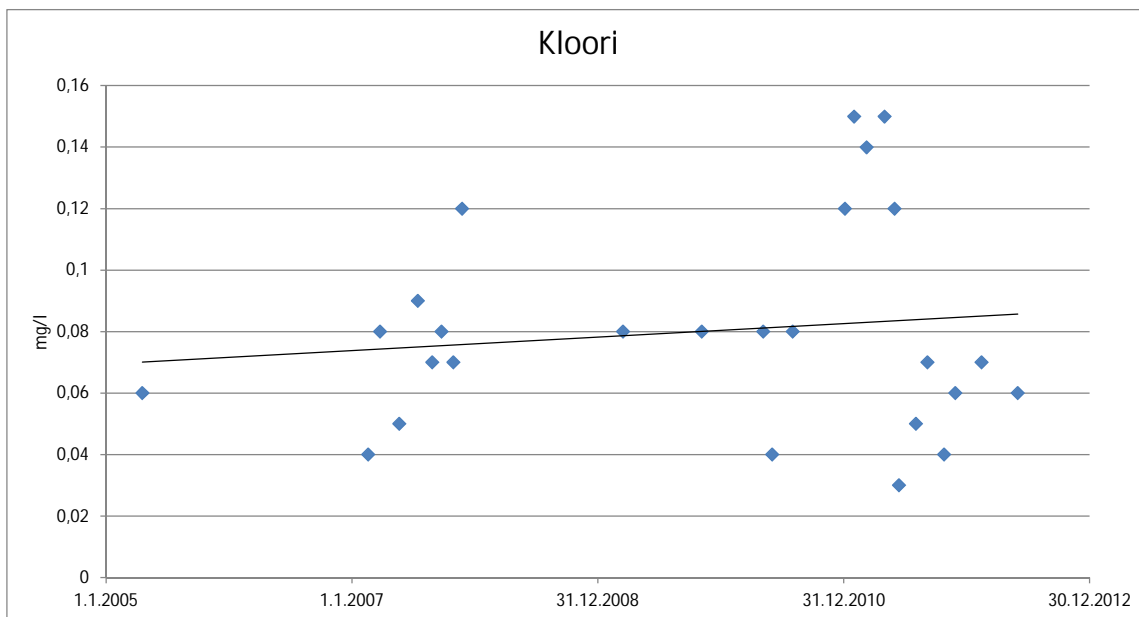
Winarni, W. 2009. Infrastructure Leakage Index (ILI) as Water Losses Indicator. Civil
Engineering Dimension, 2009. Vol. 11:2. S.126-134.

Äikäs, K. et al. 2003. Luonnollisesti vettä - Kangasala. Vesilaitos 1952 – 2002. Kangas-
alan vesilaitos. 201 s. ISBN 952-91-5547-6

LIITE 1

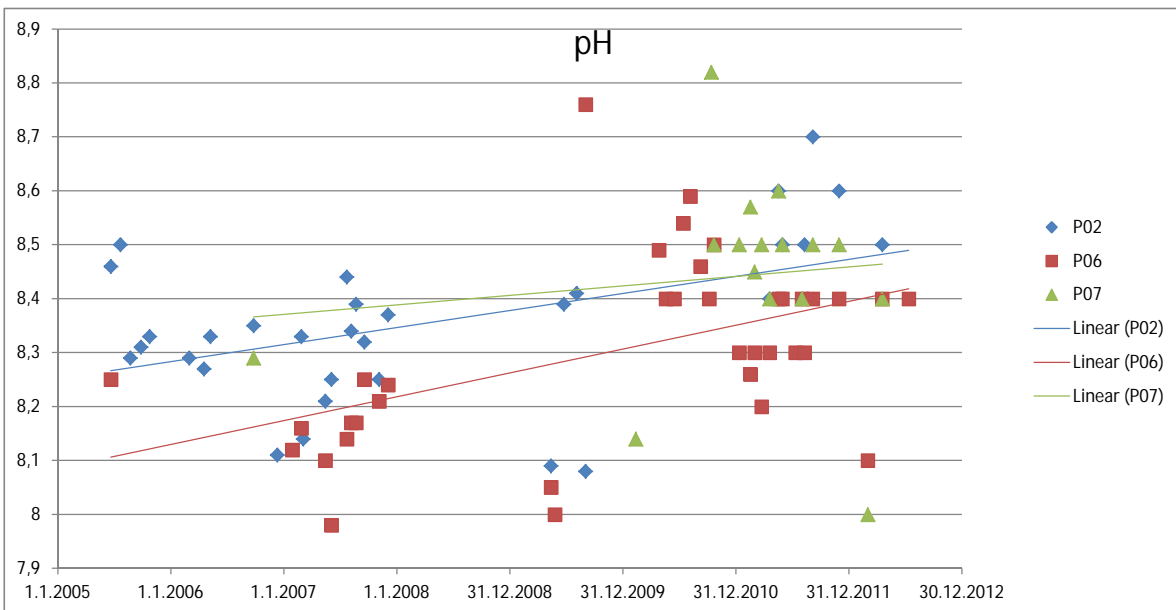
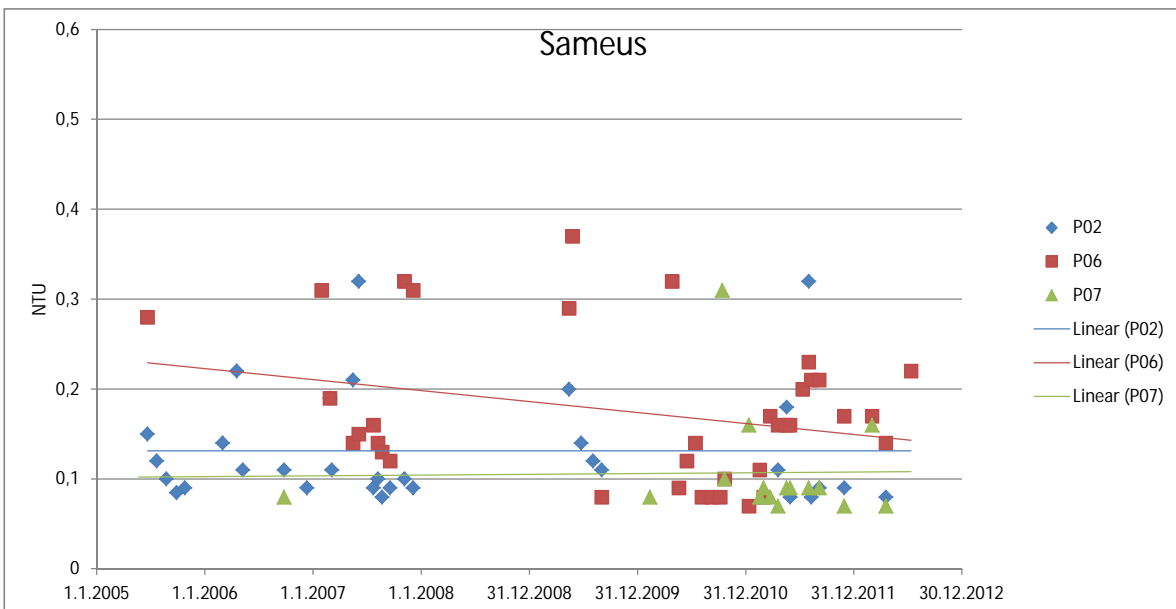
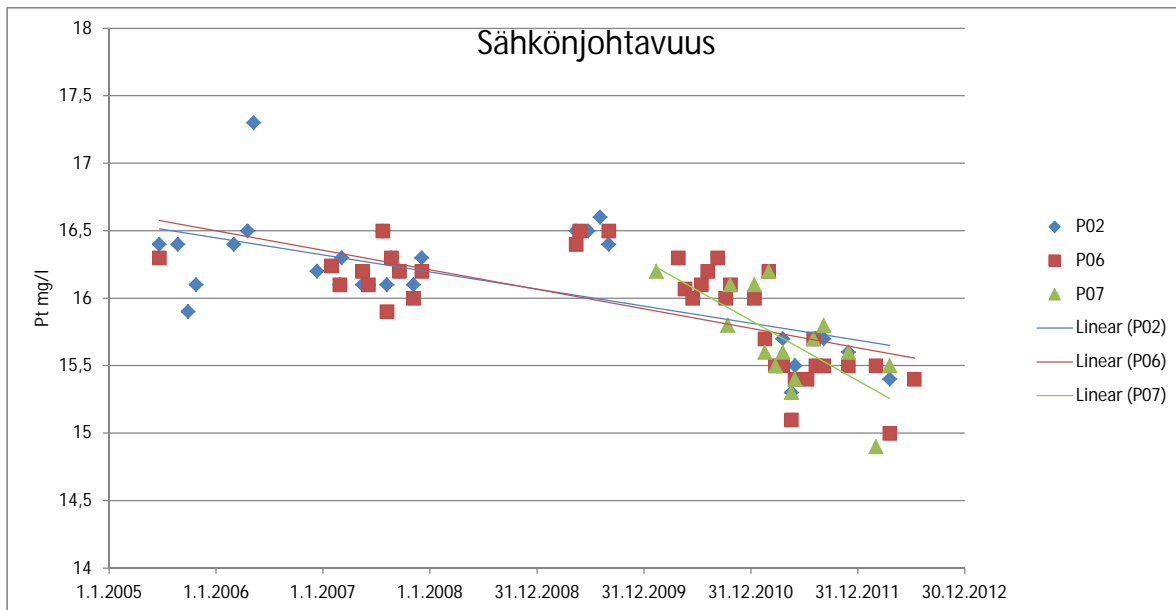
Kulosaaren veden laatutulokset

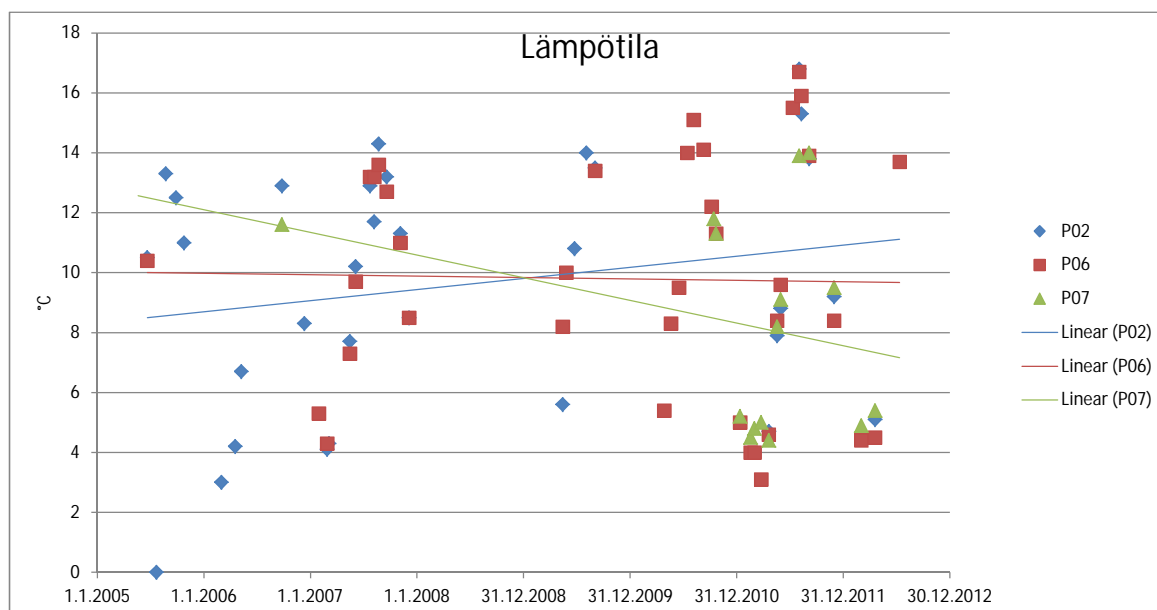
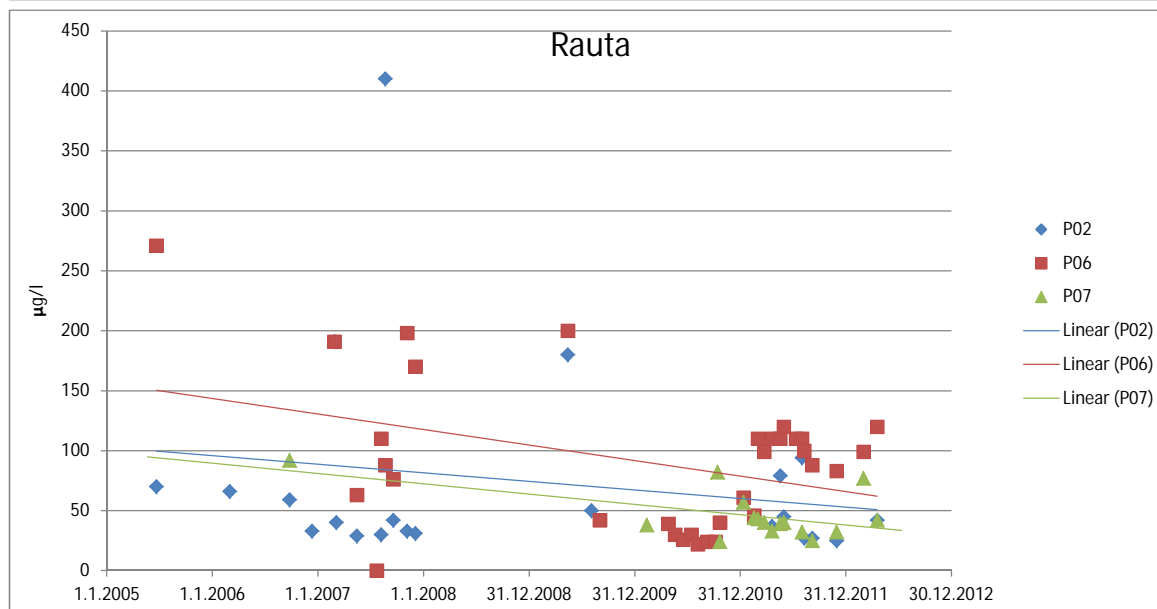
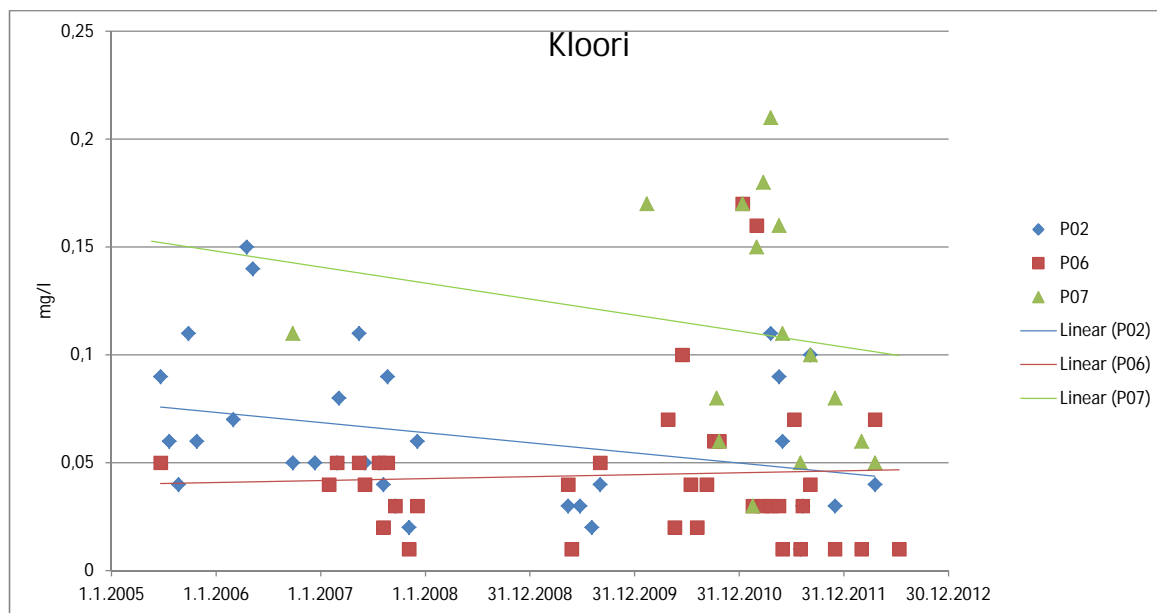




LIITE 2

Lauttasaaren veden laatutulokset





LIITE 3

Munkkiniemenrannan veden laatutulokset

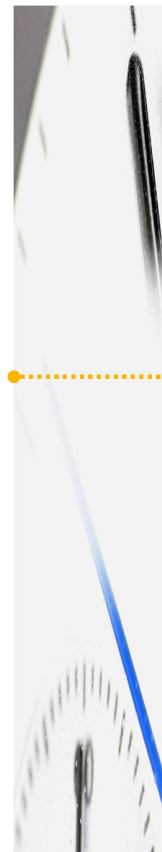
LIITE 4

Munkkiniemenrannan asiakaskyselyn tulokset



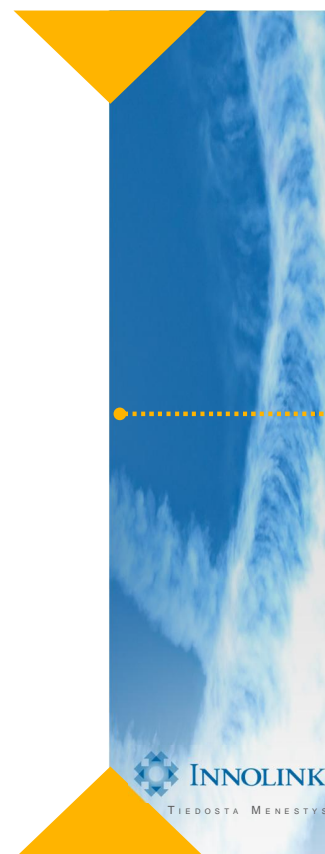
HSY **Veden laatututkimus 2012**

INNOLINK RESEARCH OY
TAMPELLAN ESPLANADI 2, 4.krs, 33100 TAMPERE
FREDRIKINKATU 34 B 22, 00100 HELSINKI
Puh. 010 633 0200



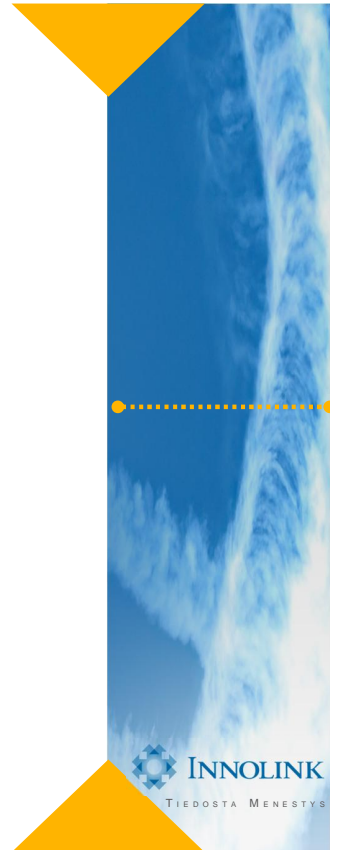
YLEISTÄ TUTKIMUKSESTA

- Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuluttajien tyytyväisyyttä vesihuollon toimintaan. Tutkimus on ajoitettu tehtäväksi ennen Munkkiniemenrannan verkostosaneerausta. Tutkimukseen tehdään seurantatutkimus verkostosaneerauksen jälkeen.
- Tutkimus toteutettiin puhelinhaastatteluina syyskuussa 2012.
- Kohderyhmän muodostivat Munkkiniemenrannan asukkaat.
- Tutkimus perustuu 217 vastaukseen.
- Tässä raportissa esitetään tutkimuksen päätulokset. Kaikki tutkimuksen tulokset esitetään yksityiskohtaisesti InnolinkWeb® -järjestelmässä



TUTKIMUKSEN KESKEISIÄ TULOKSIA 1/2

- Tutkimustulokset ovat kaikilla osa-alueilla hyvät. HSY:n kokonaisarviointiin liittyvät tekijät saavat asteikolla 1-5 kaikki keskiarvoltaan 4 tai yli.
- Kolme neljästä vastaajasta ei ole tietoinen vesikatkosten määrästä viimeisen kahden vuoden aikana.
- 86 prosenttia kokee vesimaksut sopiviksi. Alueella 2 on eniten vastaajia, jotka kokevat vesimaksut liian suuriksi. Lähes kaikki, jotka kokevat vesimaksut liian suuriksi, asuvat kerrostalossa.
- Tyytyväisyydessä ei ole alueittain eikä asumismuodon mukaan kovinkaan suuria eroja.



TUTKIMUKSEN KESKEISIÄ TULOKSIA 2/2

Toiminnan 4 tärkeintä tekijää:

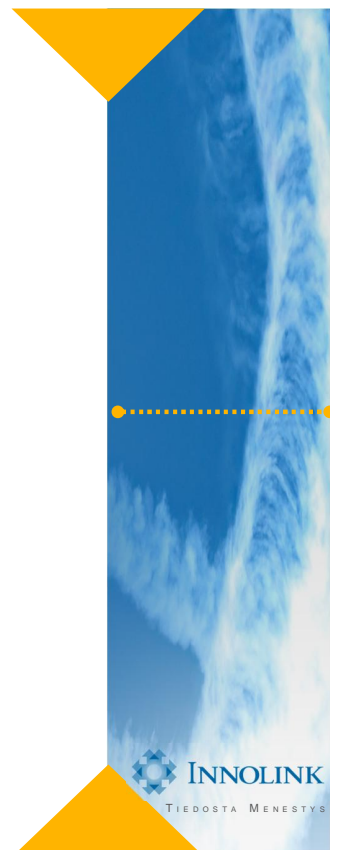
Vesi on hajutonta ja mautonta, 214 kpl	4,5
Vedenpaine on riittävä, 216 kpl	4,4
Vesi on kirkasta, 213 kpl	4,3
Suunnitelluista vedenjakelutoksista tiedotetaan hyvissä ajoin, 215 kpl	4,1

Toiminnan 3 onnistuneinta tekijää:

Vesi on hajutonta ja mautonta, 213 kpl	4,6
Vedenpaine on riittävä, 216 kpl	4,6
Vesi on kirkasta, 213 kpl	4,6

Toiminnan 2 heikoiten onnistunutta tekijää:

On selvää, mistä veden ja jäteveden hinta muodostuu, 216 kpl	4,1
Tiedän millä tavoilla voin vaikuttaa vesilaskun loppusummaan, 215 kpl	4,1



TUTKIMUSAINEISTON KUVAUS

ALUE (REKISTERITieto)	2012
ALUE 1	20,7% (45)
ALUE 2	32,3% (70)
ALUE 3	26,7% (58)
ALUE 4 (= ei saneerausalueella)	20,3% (44)
Yhteensä	100,0% (217)

SUKUPUOLI	2012
Nainen	67,8% (145)
Mies	32,2% (69)
Yhteensä	100,0% (214)

IKÄ	2012
18 - 25 vuotta	0,9% (2)
26 - 45 vuotta	16,3% (35)
46 - 65 vuotta	22,3% (48)
yli 65 vuotta	60,5% (130)
Yhteensä	100,0% (215)

MONTAKO AIKUISTA TALOUDESSA ASUU?	2012
1	47,9% (103)
2	49,8% (107)
3	0,9% (2)
4 tai enemmän	1,4% (3)
Yhteensä	100,0% (215)

MONTAKO ALLE 18-VUOTIASTA TALOUDESSA ASUU?	2012
Ei yhtään	90,7% (195)
1	3,3% (7)
2	5,6% (12)
3	0,5% (1)
Yhteensä	100,0% (215)

ASUMISMUOTO	2012
Kerrostalo	86,6% (187)
Rivitalo	10,2% (22)
Omakotitalo	3,2% (7)
Yhteensä	100,0% (216)

HSY:N KOKONAISONNISTUMINEN

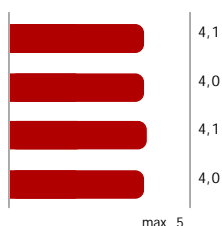
Asteikko: 1=onnistunut erittäin huonosti 5=onnistunut erittäin hyvin

HSY:n toiminta on luotettavaa, 216 kpl

HSY:n palvelut ovat korkealuokkaisia, 216 kpl

Kokonaisarvosana HSY:n toiminnalle, 216 kpl

Kuinka todennäköisesti kertoisitte jotain myönteistä HSY:hyn liittyen?, 214 kpl



Onnistuminen on hyvin tasaista alueittain. Kerrostalossa asuvat ovat hieman tyytyväisempiä kuin omakoti- ja rivitalossa asuvat.

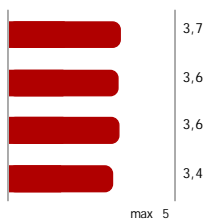
Asiakastyytyväisyystutkimuksen tulokset (kuluttajat):

HSY:n toiminta on luotettavaa, 984 kpl

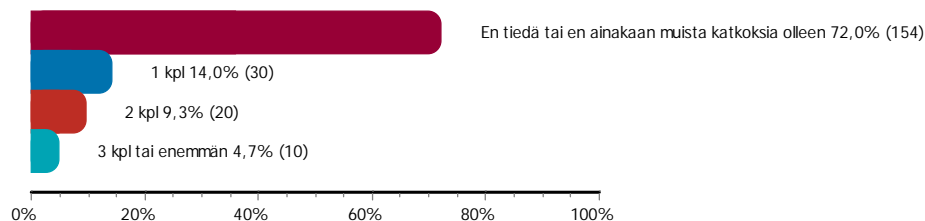
HSY:n palvelut ovat korkealuokkaisia, 977 kpl

Kokonaisarvosana HSY:n toiminnalle, 975 kpl

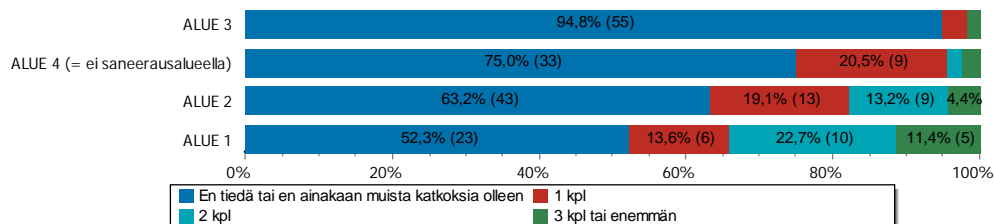
Kuinka todennäköisesti kertoisitte jotain myönteistä HSY:hyn liittyen?, 990 kpl



KUINKA MONTA VESIKATKOSTA TALOUDESSANNE ON OLLUT VIIM. 2 VUODEN AIKANA?

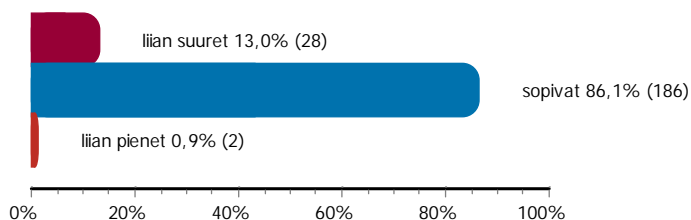


Vertailu alueen mukaan:

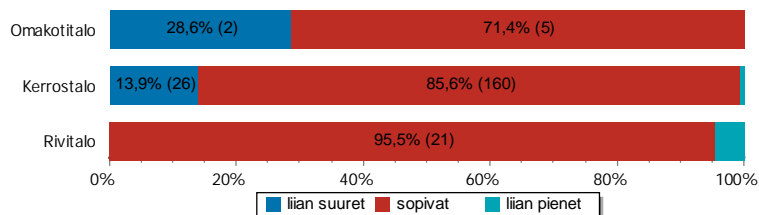


OVATKO VESIMAKSUT...?

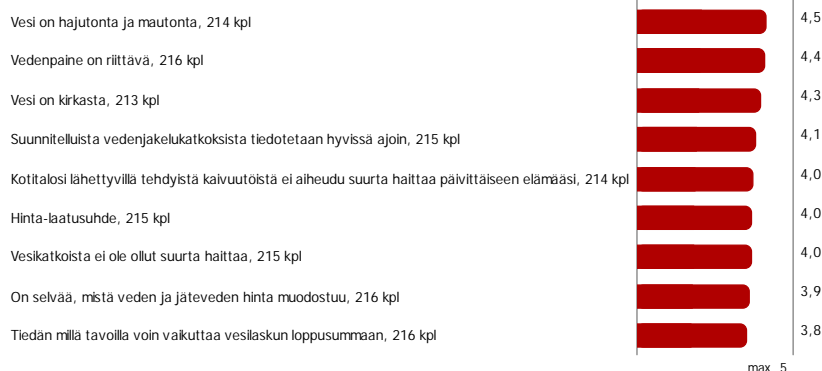
Vesihuollon laatu ja toimintavarmuus katetaan vesimaksuilla. Ovatko vesimaksut suhteessa veden laatuun ja toimintavarmuuteen mielestänne? liian suuret, sopivat, liian pienet?



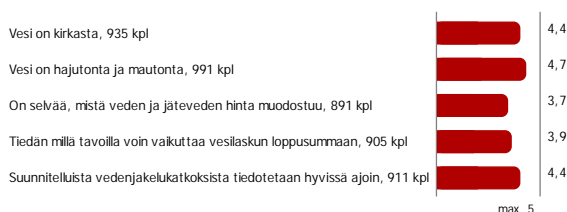
Vertailu asumismuodon mukaan:



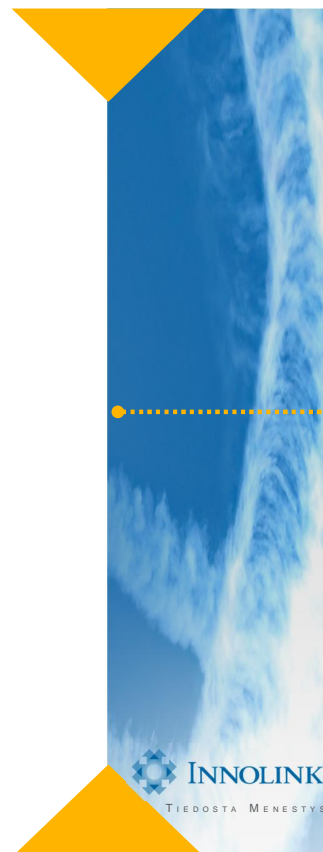
TOIMINNAN TEKIJÖIDEN MERKITYS VASTAAJILLE



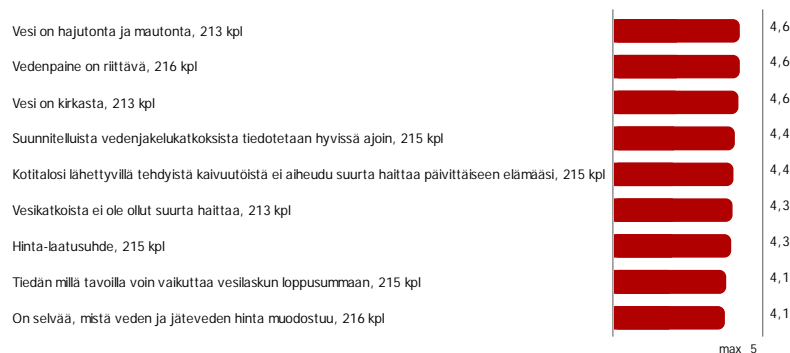
Asiakastytyväisyystutkimuksen tulokset (kuluttajat):



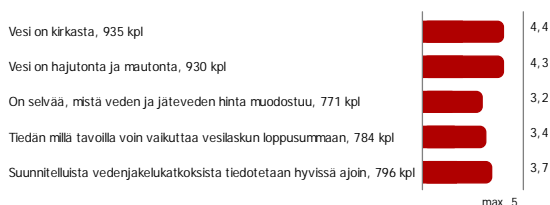
Asteikko: 1 = ei merkitystä ... 5 = erittäin tärkeä



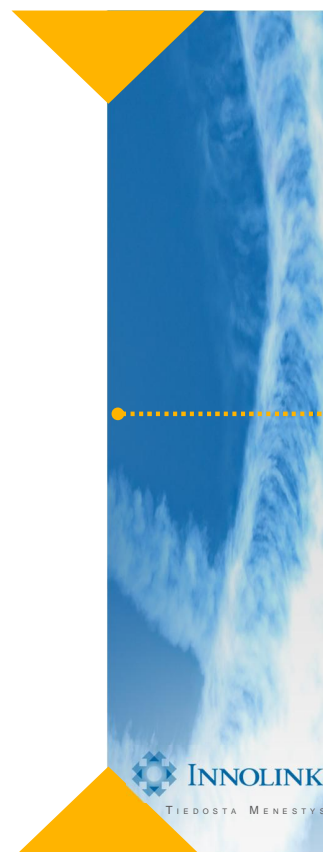
TOIMINNAN TEKIJÖIDEN ONNISTUMINEN



Asiakastytyväisyystutkimuksen tulokset (kuluttajat):



Asteikko: 1 = onnistunut erittäin huonosti ... 5 = onnistunut erittäin hyvin



VERTAILU ALUEEN MUKAAN - ONNISTUMISARVIOT

TOIMINNAN TEKIJÄT	Keskiarvo N= 217	ALUE 1 N= 45	ALUE 2 N= 70	ALUE 3 N= 58	ALUE 4 (= ei saneerausalueella) N= 44
Veden laatu					
Vesi on kirkasta	4,6	4,5	4,6	4,6	4,6
Vesi on hajutonta ja mautonta	4,6	4,5	4,6	4,6	4,6
Vedenpaine on riittävä	4,6	4,4	4,6	4,7	4,6
Keskiarvo	4,57	4,45	4,60	4,64	4,57
Huoltotoimenpiteet					
Suunnitelluista vedenjakelutoksista tiedotetaan hyvissä ajoin	4,4	4,3	4,4	4,5	4,4
Vesikatkoista ei ole ollut suurta haittaa	4,3	4,2	4,4	4,3	4,3
Kotitalosi lähetyvillä tehdyistä kaivuutöistä ei aiheudu suurta haittaa päivittäiseen elämääsi	4,4	4,2	4,4	4,4	4,5
Keskiarvo	4,37	4,25	4,38	4,40	4,43
Hinnoittelu					
On selvää, mistä veden ja jäteveden hinta muodostuu	4,1	3,9	4,1	4,1	4,0
Tiedän millä tavoilla voin vaikuttaa vesilaskun loppusummaan	4,1	4,0	4,1	4,2	4,1
Hinta-laatusuhde	4,3	4,0	4,4	4,3	4,4
Keskiarvo	4,14	3,97	4,19	4,18	4,18
Kaikkien kriteerien keskiarvo	4,36	4,22	4,39	4,41	4,39

Vihreä = tekijä on vähintään 0,2 yksikköä parempi/korkeampi kuin keskiarvo
Punainen = tekijä on vähintään 0,2 yksikköä heikompi/alhaisempi kuin keskiarvo

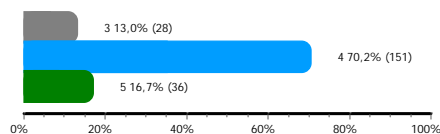
VERTAILU ASUMISMUODON MUKAAN - ONNISTUMISARVIOT

TOIMINNAN TEKIJÄT	Keskiarvo N= 217	Kerrostalo N= 187	Rivitalo N= 22	Omakotitalo N= 7
Vesi on kirkasta	4,6	4,6	4,5	4,4
Vesi on hajutonta ja mautonta	4,6	4,6	4,5	4,7
Vedenpaine on riittävä	4,6	4,6	4,4	4,6
Suunnitelluista vedenjakelutoksista tiedotetaan hyvissä ajoin	4,4	4,4	4,3	4,6
Vesikatkoista ei ole ollut suurta haittaa	4,3	4,3	4,3	4,3
Kotitalosi lähetyvillä tehdyistä kaivuutöistä ei aiheudu suurta haittaa päivittäiseen elämääsi	4,4	4,4	4,5	4,3
On selvää, mistä veden ja jäteveden hinta muodostuu	4,1	4,1	3,8	4,1
Tiedän millä tavoilla voin vaikuttaa vesilaskun loppusummaan	4,1	4,1	3,9	4,7
Hinta-laatusuhde	4,3	4,3	4,2	4,7
Kaikkien kriteerien keskiarvo	4,36	4,37	4,26	4,49

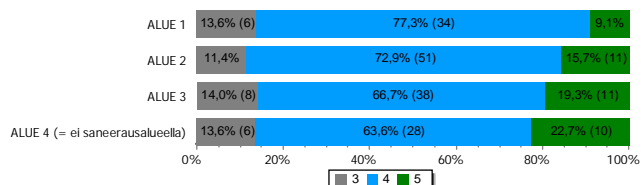
Vihreä = tekijä on vähintään 0,2 yksikköä parempi/korkeampi kuin keskiarvo
Punainen = tekijä on vähintään 0,2 yksikköä heikompi/alhaisempi kuin keskiarvo

KOKONAISARVOSANA

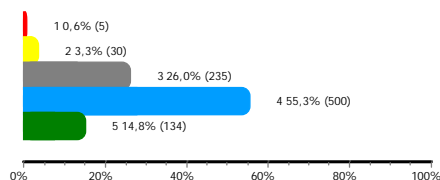
Asteikko 1-5



Vertailu alueen mukaan



Asiakastytyväisyystutkimuksen tulokset (kuluttajat):



- Vastaajat antoivat myös vapaamuotoista palautetta toimintaan liittyen. Vapaamuotoinen palaute on kokonaisuudessaan selattavissa InnolinkWeb® -järjestelmällä.
- InnolinkWeb® -järjestelmässä esitetään yksityiskohtaisesti kaikki tiedonkeruuvaiheessa kartoitetut tutkimuskysymykset.
- InnolinkWeb® -järjestelmällä voidaan myös tarkemmin tutkia ja analysoida eri vastaajaryhmiä.

